EMISI GAS RUMAH KACA

DARI PETERNAKAN DI INDONESIA DENGAN TIER 2 IPCC

Editor:
Edvin Aldrian
Suharyono Puspowardoyo
Budi Haryanto

EMISI GAS RUMAH KACA DARI PETERNAKAN DI INDONESIA DENGAN TIER 2 IPCC

EMISI GAS RUMAH KACA DARI PETERNAKAN DI INDONESIA DENGAN TIER 2 IPCC

Editor:
Edvin Aldrian
Suharyono Puspowardoyo
Budi Haryanto

LIPI Press

Katalog dalam Terbitan (KDT)

Emisi Gas Rumah Kaca dari Peternakan di Indonesia dengan Metode TIER 2 IPCC/Edvin Aldrian, Suharyono Puspowardoyo, dan Budi Haryanto (ed.). Jakarta: LIPI Press, 2019.
xviii + 153 hlm.; 14,8 x 21 cm

ISBN 978-602-496-094-0 (cetak)
978-602-496-095-7 (*e-book*)

1. Gas Rumah Kaca 2. Peternakan

363.738 74

Copy editor : M. Sidik
Proofreader : Martinus Helmiawan dan Noviastuti Putri Indrasari
Penata Isi : Rahma Hilma Taslima dan Landi Achmad
Desainer Sampul : Rusli Fazi

Cetakan Pertama : Desember 2019

Diterbitkan oleh:
LIPI Press, anggota Ikapi
Gedung PDDI LIPI, Lantai 6
Jln. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710
Telp.: (021) 573 3465
e-mail: press@mail.lipi.go.id
website: lipipress.lipi.go.id
LIPI Press
@lipi_press

Bekerja sama dengan:
Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan
Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Kementerian Pertanian
Jalan Raya Pajajaran Kav. E-59 Bogor 16151

Buku ini merupakan karya buku yang terpilih dalam Program Akuisisi Pengetahuan Lokal Tahun 2021 Balai Media dan Reproduksi (LIPI Press), Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

DAFTAR ISI

DAFTAR GAMBAR

DAFTAR TABEL

Sebagai penerbit ilmiah, LIPI Press mempunyai tanggung jawab untuk menyediakan terbitan ilmiah yang berkualitas. Upaya tersebut merupakan salah satu perwujudan tugas LIPI Press untuk turut serta mencerdaskan kehidupan bangsa sebagaimana yang diamanatkan dalam pembukaan UUD 1945.

Bunga rampai ini fokus membahas metode estimasi kontribusi emisi dari sektor peternakan terhadap gas rumah kaca. Metode estimasi yang disarankan untuk diterapkan adalah metode Tier 2 IPCC, meningkat dari Tier 1 yang saat ini sudah umum digunakan di Indonesia. Hal ini karena metode Tier 2 lebih akurat dalam menyediakan data estimasi kontribusi emisi. Data estimasi yang lebih akurat tersebut diharapkan dapat membantu pengembangan jenis teknologi yang diperlukan untuk memitigasi emisi gas rumah kaca.

Akhir kata, kami mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah membantu proses penerbitan buku ilmiah ini.

LIPI Press

KATA PENGANTAR

Subsektor peternakan merupakan salah satu kontributor gas rumah kaca (GRK) nasional. Kontribusi GRK dari subsektor ini masih di bawah 2% dari total emisi GRK secara nasional. Kontribusi ini diasumsikan akan terus meningkat sejalan dengan upaya penambahan populasi ternak sebagai efek dari diterapkannya salah satu program pemerintah untuk pemenuhan protein hewani asal ternak.

Penghitungan emisi GRK dari peternakan mengikuti panduan yang dikeluarkan oleh Intergovernmental Panel on Climate Changes (IPCC). Metode Tier 1 telah digunakan untuk menghitung emisi GRK dari peternakan yang dilaporkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dalam *National Communication* dan *1^{st} Biennial update progress* yang didaftarkan ke United Nations Development Programme (UNDP). Pada metode Tier 1, nilai faktor emisi yang digunakan adalah faktor acuan IPCC yang umum untuk wilayah Asia. Akurasi penghitungan perlu dilakukan dengan menggunakan informasi dan data lokal sehingga dapat menggambarkan emisi GRK yang sesuai dengan kondisi peternakan di Indonesia.

Buku ini berisi tentang proses dan hasil penghitungan emisi GRK dengan menggunakan metode yang lebih akurat, yaitu Tier 2 pada semua jenis ternak di Indonesia. Kami berharap buku ini bermanfaat bagi pihak-pihak yang bergerak di bidang perubahan iklim.

Bogor, Agustus 2019

Dr. Atien Priyanti
Kepala Pusat

BAB I
AKURASI INVENTORI GAS RUMAH KACA DARI PETERNAKAN MENGGUNAKAN LOKAL FAKTOR EMISI: TIER 2

Yeni Widiawati dan Mumammad N. Rofiq

A. PENINGKATAN SISTEM INVENTORI GAS RUMAH KACA DARI PETERNAKAN

Gas rumah kaca (GRK) dapat memberikan efek dalam hal memanaskan atmosfer dan permukaan planet Bumi. Jenis gas dan kontribusinya yang memberikan efek terhadap rumah kaca adalah H_2O (65%), karbon dioksida (CO_2) (33%), dan lainnya, yaitu metana (CH_4), dinitro oksida (N_2O), dan ozon (O_3) sebesar 2% (Intergovernmental Panel on Climate Change [IPCC] 2014). Gas CO_2 berperan paling penting karena jumlah emisinya yang tertinggi, diikuti oleh CH_4 dan N_2O. Gas lainnya adalah *chlorofluorocarbon* (CFC) yang banyak dikeluarkan dari setiap aktivitas manusia. Daya tangkap CH_4 terhadap panas cukup besar, yaitu sekitar 20–30 kali lebih tinggi daripada CO_2. Oleh karena itu, gas CH_4 berkontribusi penting bagi efek rumah kaca.

Peternakan merupakan salah satu komoditas yang memberikan sumbangan pada GRK. Sumber GRK yang

diemisikan dari komoditas peternakan berupa gas CH_4 dan N_2O. Sumber gas CH_4 pada peternakan berasal dari sistem pencernaan (*enteric fermentation*) dan pengelolaan kotoran ternak (*manure management*). Gas CH_4 dari enterik dihasilkan dari proses pencernaan dalam rumen sehingga ternak yang mempunyai rumen dapat menghasilkan gas CH_4. Selama proses pencernaan, gas CH_4 dihasilkan dari proses pencernaan makanan oleh mikrob di dalam rumen yang kemudian dikeluarkan lewat mulut melalui eruktasi dan sebagian kecil dikeluarkan lewat anus pada saat ternak defekasi. Gas CH_4 yang terbentuk dalam rumen akan dikeluarkan melalui eruktasi 83%, pernapasan 16%, dan anus 1% (Vlaming 2008). Selain itu, CH_4 juga dilepaskan pada saat feses mengalami proses dekomposisi dalam keadaan anaerob selama penyimpanan atau pengolahan.

Selain gas CH_4, GRK lainnya yang dihasilkan oleh peternakan adalah N_2O yang berasal dari proses pengelolaan kotoran ternak. Gas N_2O dihasilkan pada aktivitas pengelolaan kotoran ternak/feses. Gas ini dihasilkan secara langsung dan tidak langsung selama proses penyimpanan dan/atau pengelolaan kotoran (feses dan urin). Pada proses langsung, N_2O dihasilkan selama proses nitrifikasi dan denitrifikasi. Sementara itu, pelepasan tidak langsung terjadi pada saat pencucian, penguapan, dan pengalihan kotoran dan urin (Metay dkk. 2007). Gas N_2O lebih banyak dikeluarkan oleh ternak non-ruminansia

Guna mengetahui kontribusi emisi CH_4 dan N_2O dari peternakan terhadap GRK secara nasional, perlu dilakukan estimasi emisi gas tersebut dari setiap jenis ternak. Kegiatan ini secara nasional dimasukkan dalam kegiatan inventori gas rumah kaca. Metode inventori GRK perlu mengikuti kesepakatan internasional, yang mana telah disediakan buku panduan inventori emisi GRK yang dikeluarkan oleh IPCC. Dengan adanya data hasil inventori GRK dari peternakan, dapat disediakan

informasi berapa besar kontribusi peternakan terhadap emisi GRK secara nasional bahkan internasional, untuk selanjutnya dapat ditentukan jenis teknologi yang diperlukan untuk dapat memitigasinya.

Produksi gas CH_4 dari enterik merupakan pemborosan yang merugikan ternak karena merupakan salah satu bentuk kehilangan energi dari pakan yang dikonsumsi. Proporsi energi bruto pakan yang dikonversikan menjadi gas CH_4 sebesar 6–12% (Immig 1996; McCrabb dan Hunter 1999). Selain itu, produksi gas CH_4 dari enterik juga merugikan bagi lingkungan karena dampaknya terhadap pemanasan global. Oleh karena itu, perlu dilakukan upaya untuk menurunkan produksi gas CH_4 selama proses pencernaan pakan dalam rumen, yang salah satunya melalui teknik mitigasi. Dalam pemilihan teknik mitigasi, tentunya diperlukan data awal emisi GRK untuk mengetahui dampak penurunan GRK sebagai akibat penerapan teknik mitigasi. Oleh karena itu, estimasi emisi GRK perlu dilakukan sebelum aplikasi teknik mitigasi dilaksanakan.

Estimasi emisi GRK dari sektor peternakan sesuai dengan prosedur yang dikeluarkan oleh IPCC (2006) dapat dilakukan dengan beberapa metode, yaitu Tier 1, Tier 2 dan Tier 3. Pemilihan metode ini sangat erat kaitannya dengan data yang tersedia di setiap negara, yang diperlukan dalam penghitungan. Berdasarkan ketersediaan data, maka metode yang memerlukan data paling sederhana adalah Tier 1. Pada metode Tier 1, data yang diperlukan hanya jumlah populasi ternak dan nilai faktor emisi. Nilai faktor emisi untuk setiap ternak pada metode Tier 1 ini telah disediakan dalam buku IPCC versi 1996 dan 2006 sehingga dapat dilakukan penghitungan atau estimasi emisi GRK dari sektor peternakan. Sementara itu, metode Tier 2 dan Tier 3 merupakan metode yang lebih kompleks, tetapi hasil yang diperoleh lebih akurat. Kedua metode ini memerlukan data yang lebih lengkap dan terperinci,

serta nilai faktor emisi spesifik untuk setiap negara, sesuai dengan kondisi dan sistem pemeliharaan ternaknya.

Hampir semua negara berkembang masih menggunakan metode Tier 1 dalam mengestimasi emisi GRK dari peternakan meskipun ada beberapa negara di Asia, salah satunya Indonesia, dan Bennin di Afrika mulai berupaya meningkatkan proses estimasi ini dengan menggunakan metode Tier 2 (Widiawati 2013a; Kouazounde dkk. 2015). Hal ini didasarkan pada pernyataan dalam buku panduan IPCC (2006) yang mensyaratkan penggunakan metode Tier 2 untuk menghitung emisi GRK dari sektor yang menjadi kategori kunci atau memberikan kontribusi GRK yang cukup besar. Di Indonesia, enterik fermentasi dari ternak ruminansia merupakan salah kategori kunci. Hal ini disebabkan ternak ruminansia merupakan kontributor terbesar dalam emisi GRK pada subsektor peternakan. Oleh karena itu, penghitungan emisi GRK perlu mengacu pada metode Tier 2.

Upaya meningkatkan estimasi emisi GRK dari metode Tier 1 menjadi metode Tier 2 di Indonesia mulai dilakukan sejak tahun 2015 melalui berbagai tahapan. Hal ini didasarkan pada hasil kajian bahwa modifikasi metode Tier 1 memberikan nilai faktor emisi spesifik lokasi, khususnya untuk Indonesia dan Malaysia, yang lebih rendah daripada nilai faktor emisi yang diberikan oleh IPCC untuk wilayah Asia (Hatton dkk. 2013). Berbagai upaya telah dilakukan untuk mengubah metode estimasi GRK dari peternakan melalui pendekatan Tier 1 menjadi Tier 2. Upaya itu, antara lain melalui perubahan data yang digunakan, seperti adanya struktur populasi ternak sesuai status fisiologi, jenis pakan yang dikonsumsi, dan nilai lokal faktor emisi yang telah dibangun melalui pendekatan yang didasarkan pada hasil penelitian di laboratorium dan kandang percobaan.

Gambaran hasil perbaikan estimasi gas rumah kaca dari setiap komoditas ternak, yaitu sapi potong, sapi perah, kerbau,

kuda, domba, kambing, unggas, dan babi dengan menggunakan pendekatan metode Tier 2 dan faktor emisi lokal Indonesia akan dirangkum dalam buku bunga rampai ini. Perbaikan metode estimasi akan terus dilakukan sehingga dapat memberikan gambaran yang sebenarnya dari kondisi peternakan di Indonesia yang memiliki variasi yang besar dalam sistem pemeliharaan ternak.

B. PERBEDAAN PENDEKATAN METODE TIER 1 DAN TIER 2 DALAM MENGESTIMASI EMISI GAS RUMAH KACA DARI PETERNAKAN

Sampai tahun 2015, estimasi emisi GRK dari sektor peternakan di Indonesia menggunakan pendekatan metode Tier 1. Pada metode Tier 1, penghitungan emisi gas CH_4 dari enterik memerlukan data berupa populasi ternak dan nilai faktor emisi. Data populasi ternak di Indonesia sudah tersedia dari Badan Pusat Statistik (BPS) yang mengeluarkan data populasi setiap tahun. Sementara itu, nilai faktor emisi yang digunakan adalah faktor acuan yang sudah ditetapkan dalam buku IPCC. Nilai faktor emisi yang dikeluarkan oleh IPCC untuk metode Tier 1 dibedakan berdasarkan wilayah atau benua, yaitu Amerika Utara, Amerika Latin, Oseania, Eropa Barat, Eropa Timur, Asia, Afrika dan Timur Tengah.

Penghitungan emisi gas CH_4 dan N_2O dari feses memerlukan data berupa: 1) populasi dan bobot badan ternak; 2) jumlah feses yang dikeluarkan; 3) faktor emisi untuk CH_4; dan 4) jumlah ekskresi N dari feses. Data yang perlu disediakan oleh setiap negara yang akan menghitung emisi CH_4 dan N_2O dari kotoran ternak adalah 1) populasi dan bobot badan ternak; dan 2) nilai faktor emisi CH_4 dari feses serta besarnya nilai ekskresi N yang telah disediakan dalam panduan IPCC (2006). Nilai faktor emisi CH_4 dari enterik dan dari feses serta ekskresi N yang digunakan sebagai panduan dalam penghitungan emisi GRK di Indonesia mengikuti panduan dalam IPCC untuk wilayah Asia (Tabel 1.1).

Tabel 1.1 Nilai Faktor Emisi CH_4 dari Enterik dan Feses serta Ekskresi N dari Feses untuk Ternak di Wilayah Asia untuk Metode Tier 1

Jenis ternak	FE CH_4 enterik (kg/ekor/hari)	FE CH_4 feses (kg/ekor/hari)	Ekskresi N (kg N/100 kg BB/hari)
Sapi potong	47	1	0,34
Sapi perah	61	31	0,47
Domba	5	0,15	1,17
Kambing	5	0,10	1,37
Kerbau	55	2	0,32
Kuda	18	1,64	0,46
Babi	0	0,03	0,82
Unggas (ayam + itik)	1	7	0,50

Sumber: IPCC (2006)

Dalam mengestimasi emisi GRK dengan menggunakan Tier 1, digunakan populasi ternak dan nilai faktor emisi sebagai faktor pengalinya.

Pada metode Tier 2, data yang diperlukan tidak hanya populasi dan faktor emisi saja. Namun, diperlukan data yang lebih detail dan spesifik terkait lokasi/negara. Meskipun data populasi masih diperlukan, populasi ternak sudah dibagi berdasarkan level produksi ternak atau disebut juga subkategori. Subkategori ternak yang digunakan sangat bergantung pada data yang tersedia di setiap negara. Namun, IPCC (2006) memberikan panduan bahwa subkategori yang paling sederhana adalah berdasarkan umur dan status produksi, yaitu subkategori anak, muda, dan dewasa untuk ternak ruminansia dan kategori bibit dan daging untuk ternak non-ruminansia (unggas dan babi). Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan telah mengeluarkan data statistik terkait komposisi ternak berdasarkan status produksi yang diperoleh dari sensus secara langsung pada tahun 2012 (Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan [Ditjen PKH] 2015).

Selain berdasarkan level produksi, setiap subkategori perlu dilengkapi dengan data bobot badan, jumlah konsumsi pakan, jenis pakan, dan kecernaan pakan. Data terkait konsumsi dan jenis pakan serta kecernaannya akan digunakan untuk menentukan nilai faktor emisi spesifik untuk setiap subkategori.

Nilai faktor emisi yang disarankan oleh IPCC (2006) untuk wilayah Asia tampaknya tidak menggambarkan yang sesungguhnya atau cenderung lebih tinggi daripada kondisi sesungguhnya di Indonesia. Seperti yang dilaporkan oleh Widiawati (2013a), nilai faktor emisi untuk sapi potong di Indonesia adalah 37,6 kg CH_4/ekor/tahun. Sementara itu, faktor acuan dari IPCC untuk wilayah Asia sebesar 47 kg CH_4/ekor/hari. Nilai ini masih lebih kecil dibandingkan faktor emisi dari Malaysia, yaitu sebesar 41,3 kg CH_4/ekor/hari. Oleh karena itu, diperlukan data terkait emisi GRK yang lebih akurat dan sesuai dengan spesifik lokasi untuk setiap negara, yaitu dengan menggunakan metode Tier 2. Nilai faktor emisi spesifik lokasi dapat diperoleh dari data jenis pakan, konsumsi, dan kecernaan pakan seperti yang sudah dilaporkan dan dikeluarkan oleh Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan (Puslitbangnak 2016; Widiawati, Rofiq, dan Tiesnamurti 2016).

Terkait data konsumsi dan nilai kecernaan pakan untuk berbagai jenis ternak ruminansia dan unggas telah tersedia dalam banyak publikasi ilmiah (Nurhayu, Pasambe, dan Sariubang 2010; Nurhayu dkk. 2011; Elita 2006; Chrisytanto dkk. 2005; Sariubang dan Nurhayu 2012; Nugroho, Permana, dan Despal 2015; Suharti, Astuti, dan Wina 2009; Wigih, Suwandyastuti, dan Bata 2013). Berdasarkan data tersebut dapat diketahui besaran konsumsi energi, kecernaan, dan bobot badan ternak serta respons pertumbuhannya. Data ini dapat digunakan untuk menghitung besarnya emisi gas CH_4 dari enterik dengan menggunakan metode Tier 2.

Berdasarkan data yang dimiliki oleh Indonesia, dapat dilakukan peningkatan metode pengukuran emisi GRK dari subsektor peternakan dari metode Tier 1 menjadi metode Tier 2. Keunggulan penghitungan dengan metode Tier 2 ini adalah lebih akurat dan menggambarkan kondisi yang sesungguhnya karena menggunakan data yang diambil dari ternak dan jenis pakan di Indonesia.

C. ESTIMASI EMISI GRK DARI PETERNAKAN DENGAN METODE TIER 1 IPCC

Total emisi GRK dari peternakan yang meliputi emisi gas CH_4 dari enterik fermentasi, $CH_{4,}$ dan N_2O dari pengelolaan kotoran ternak pada tahun 2014 yang telah dikonversi dalam satuan CO_2-eq disajikan pada Tabel 1.2.

Berdasarkan metode Tier 1 maka CH_4 dari enterik fermentasi disumbang terbesar oleh sapi potong, yaitu sebesar 18,04 $GgCO_2$-e/tahun (74,79%), diikuti oleh kambing 2,043 $GgCO_2$-e/tahun (8,47%), domba 1,509 $GgCO_2$-e/tahun (6,26%), kerbau 1,397 $GgCO_2$-e/tahun (5,79%), sapi perah 0,966 $GgCO_2$-e/tahun (4,00%), dan kuda 0,167 $GgCO_2$-e/tahun (0,69%). Berdasarkan produksi CH_4 yang berasal dari kotoran, unggas merupakan kontributor terbesar, yaitu sebesar 1,382 $GgCO_2$-e/tahun (37,62%) diikuti oleh ternak babi sebesar 1,236 $GgCO_2$-e/tahun (33,64%).

Secara total, sapi potong memberikan kontribusi sebesar 56,25% dari total emisi GRK dari subsektor peternakan (19,729% dari 35,076%), diikuti oleh unggas yang terdiri atas ayam dan itik sebesar 14,48%. Besarnya kontribusi unggas pada emisi gas N_2O berasal dari feses/kotorannya. Emisi terbesar dari sapi potong berasal dari CH_4 yang dikeluarkan dari enterik/sistem pencernaannya (Tabel 1.2).

Tabel 1.2 Emisi gas CH_4 dari enterik dan feses serta N_2O dari feses ternak di Indonesia dihitung dengan metode Tier 1 pada tahun 2014.

Jenis ternak	CH_4 enterik	CH_4 kotoran	N_2O kotoran	Total
	$GgCO_2$-e/tahun			
Sapi potong	18,040	0,384	1,305	19,729
Sapi perah	0,966	0,491	0,089	1,547
Domba	1,509	0,045	0,636	2,190
Kambing	2,043	0,069	1,008	3,120
Kerbau	1,397	0,051	0,098	1,545
Kuda	0,167	0,015	0,094	0,276
Unggas	0,000	1,382	3,696	5,079
Babi	0,000	1,236	0,353	1,589
Total	24,122	3,674	7,280	35,076

Sumber: Widiawati (2013a)

Hal ini menunjukkan bahwa ternak ruminansia lebih banyak menyumbang gas CH_4 dari enterik, sedangkan unggas lebih banyak berkontribusi pada emisi N_2O dari kotoran. Hal ini mengindikasikan bahwa enterik fermentasi merupakan penyumbang terbesar sehingga dapat dikategorikan sebagai kategori kunci. Untuk kategori ini, diperlukan penghitungan yang lebih akurat dari metode Tier 1, yaitu metode Tier 2.

Informasi emisi GRK dari peternakan seperti yang disajikan pada Tabel 1.2. dapat memberikan gambaran tentang teknik mitigasi yang dapat dilakukan. Oleh karena itu, upaya mitigasi atau pengurangan emisi GRK dapat dilakukan dengan pendekatan yang berbeda antara ternak ruminansia dan ternak non-ruminansia, khususnya unggas.

Beberapa teknik mitigasi untuk CH_4 dari enterik dilakukan melalui manajemen pemberian pakan, baik pakan seimbang (Khamseekhiew dkk. 2001; Widiawati 2013b; Liang, Wang, dan Johromi 2013) maupun pakan aditif yang mengandung bahan

penurun gas CH_4 dalam rumen, seperti tanin dan saponin, bahan kimia, dan kombinasi kimia dengan saponin tanin (Widiawati 2013a; Thalib, Widiawati, dan Haryanto 2010; Thalib dkk. 2011).

D. KESIMPULAN

Sistem inventori GRK untuk semua sektor di setiap negara perlu dilakukan secara nasional. Tiga level metode yang telah dikeluarkan oleh IPCC, yaitu Tier 1, Tier 2, dan Tier 3, mengindikasikan level keakurasian dalam pendekatan dan hasil estimasi. Semakin tinggi level metode, semakin spesifik data yang diperlukan sehingga dihasilkan nilai estimasi yang semakin akurat dan sesuai dengan kondisi negara tersebut. Saat ini, bidang peternakan di Indonesia masih menggunakan metode Tier 1 dalam mengestimasi GRK.

Pada kenyataannya, informasi dan data yang tersedia di Indonesia di bidang peternakan sudah cukup memadai untuk dapat digunakan dalam kegiatan inventori GRK dari peternakan dengan metode Tier 2. Data populasi untuk setiap subkategori yang disediakan oleh Direktorat Jenderal Peternakan pada data sensus ternak yang dilakukan hanya pada tahun 2012 dapat dijadikan acuan dalam mengestimasi proporsi dan populasi ternak untuk setiap subkategori pada tahun-tahun berikutnya. Demikian pula data populasi ternak yang dikeluarkan dan diperbarui setiap tahun oleh Badan Pusat Statistik merupakan sumber data penting dan akurat yang dapat digunakan dalam kegiatan inventori nasional GRK dari peternakan.

Informasi terkait nilai faktor emisi spesifik setiap jenis ternak di Indonesia telah pula tersedia. Berdasarkan data yang tersedia, sistem inventori GRK dari peternakan dapat menggunakan metode Tier 2.

Oleh karena itu, peningkatan sistem inventori dari metode Tier 1 ke Tier 2 perlu segera dilakukan, seperti yang akan dituangkan dalam kumpulan makalah dalam buku ini.

DAFTAR PUSTAKA

Christiyanto, M., M. Soedjono, R. Utomo, H. Hartadi, dan B. P. Widyobroto. 2005. "Konsumsi dan Kecernaan Nutrien Ransum yang Berbeda Prekursor Protein-energi dengan Pakan Basal Rumput Raja pada Sapi Perah". *Journal of Indonesian Tropical Animal and Agriculture* 30: 242–247.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH). 2015. *Statistik Peternakan 2015*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian.

Elita, A. S. 2006. "Studi Perbandingan Penampilan Umum dan Kecernaan Pakan pada Kambing dan Domba Lokal". Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Hatton, V., L. V. Kinh, K. Boonyanuwat, S. Shanmugavelu, dan Y. Widiawati. 2013. "Livestock Greenhouse Gas Emissions from Four Countries in South East Asia: A Collaborative Approach to a Regional Problem". *Proceedings of the 5th Greenhouse Gasses and Animal Agriculture Conference* 4, Part 2 (June): 587. Cambridge: Cambridge University Press. Diakses dari https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/368985EBED95BB10307CD68888EAFAE3/S2040470013000125a.pdf/poster_presentations_wednesday.pdf.

Immig, I. 1996. "The Rumen and Hindgut as Source of Ruminant Methanogenesis". *Environmental Monitoring and Assessment* 42: 57–72.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Diedit oleh H. S. Eggleston, K. Miwa, N. Srivastava, dan K. Tanabe. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2014. *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Diedit oleh O. Edenhofer, R. Pichs-Madruga, Y. Sokona, E. Farahani, S. Kadner, K. Seyboth, A. Adler, I. Baum, S. Brunner, P. Eickemeier, B. Kriemann, J. Savolainen, S. Schlömer, C. von Stechow, T. Zwickel and J.C.Minx. Cambridge: Cambridge Univeristy Press.

Khamseekhiew, B., J. B. Liang, C. C. Wong, dan Z. A. Zelan. 2001. "Ruminal and Intestinal Digestibility of Some Tropical Legume Forages". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 14: 321–325.

Kouazounde, J. B., J. D. Gbenou, S. Babatounde, N. Srivastava, S. H. Eggleston, C. Antwi, J. Baah, dan T. A. McAllister. 2015. “Development of Methane Emission Factors for Enteric Fermenation in Cattle from Benin Using IPCC Tier 2 Methodology”. *Animal* 9: 526–533.

Liang, J. B., Y. Wang, dan M. F. Johromi. 2013. “Challenges of Mitigation Greenhouse Gases from Animal Agriculture in Third World Countries”. *JIRCAS Working Report* 79: 5–8.

McCrabb, G. J., dan R. A. Hunter. 1999. “Prediction of Methane Emissions from Beef Cattle in Tropical Production Systems”. *Australian Journal of Agricultural Research* 50: 1335–1340.

Metay, A. R. Oliver, L. E. Scope, J. Douzet, J. A. Moreira, F. Maraux, B. J. Feigl, dan C. Feller. 2007. “N_2O and CH_4 Emissions from Soils under Conventional and No-till Management Practices in Goiânia (Cerrados, Brazil)”. *Geoderma* 141: 78–88.

Nugroho, H. D., I. G. Permana, dan Despal. 2015. “Utilization of Bioslurry on Maize Hydroponic Fodder as a Corn Silage Supplement on Nutrient Digestibility and Milk Production of Dairy Cows”. *Media Peternakan* 38: 70–76.

Nurhayu, A., D. Pasambe, dan M. Sariubang. 2010. “Kajian Pemanfaataan Pakan Lokal dan UMB untuk Penggemukan Sapi Potong di Kabupaten Pinrang, Sulsel. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*, diedit oleh L. H. Prasetyo, L. Natalia, S. Iskandar, P. Puastuti, T. Herawati, Nurhayati, A. Anggraeni, R. Damayanti, N. L. P. I. Dharmayanti, dan S. E. Estuningsih. Bogor, 3–4 Agustus 2010. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kementerian Pertanian.

Nurhayu, A., M. Sariubang, Nasrullah, dan A. Ella. 2011. “Respons Pemberian Pakan Lokal terhadap Produktivitas Sapi Bali Dara di Kabupaten Bantaeng”. Dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*, diedit oleh L. H. Prasetyo, R. Damayanti, S. Iskandar, T. Herawati, D. Priyanto, P. Puastuti, A. Anggraeni, S. Tarigan, A. H. Wardhana, dan N. L. P. I. Dharmayanti. Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner. Bogor, 7–8 Juni 2011. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kementerian Pertanian.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan (Puslitbangnak). 2016. *National Green House Gasses Inventory from Livestock 2016: Using Tier 2*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kementerian Pertanian.

Sariubang, M., dan A. Nurhayu. 2012. "Productivity Performance of Hormonal Synchronized Bali Cattle under Four Different Feed Regimes in Pinrang District South Sulawesi". Dalam *Proceedings International Conference on Livestock Production and Veterinary Technology*, diedit oleh E. Wina, L. H. Prasetyo, I. Inounu, A. Priyanti, A. Anggraeni, D. Yulistiani, A. P. Sinurat, P. Situmorang, A. H. Wardhana, N. L. P. I. Dharmayanti, N. Ilham, P. James, dan Z. Asnan. Bogor, 1–4 Oktober 2012. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.

Suharti, S., D. A. Astuti, dan E. Wina. 2009. "Nutrient Digestibility and Beef Cattle Performance Fed by Lerak (*Sapindus rarak*) Meal in Concentrate Ration". *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 14: 200–207.

Thalib, A., P. Situmorang, I. W. Mathius, Y. Widiawati, dan W. Puastuti. 2011. "Utilization of the Complete Rumen Modifier on Dairy Cows". *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 36: 137–142.

Thalib, A., Y. Widiawati, dan B. Haryanto. 2010. "Penggunaan *Complete Rumen Modifier* (CRM) pada Ternak Domba yang Diberi Hijauan Pakan Berserat Tinggi". *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 15: 97–104.

Vlaming, J. B. 2008. "Quantifying Variation in Estimated Methane Emission from Ruminants Using the SF6 Tracer Technique". Disertasi, Massey University.

Widiawati Y. 2013a. "Estimation of Methane Emission from Enteric Fermentation and Manure Management of Domestic Livestock in Indonesia". Dalam Proceedings of the 5th Greenhouse Gasses and Animal Agriculture Conference 4, Part 2 (June): 443. Cambridge: Cambridge University Press. Diakses dari https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/8CE9B35EE62DB2092EAD3FC6B41B9CDE/S2040470013000101a.pdf/poster_presentations_monday.pdf.

Widiawati, Y. 2013b. "Current and Future Mitigation Activities on Methane Emission from Ruminant in Indonesia". Makalah disajikan pada International Workshop on Inventory Data and Mitigation of Carbon and Nitrogen Cycling from Livestock in Indonesia. Jakarta, 24 April 2013.

Widiawati, Y., M. Rofiq, dan B. Tiesnamurti. 2016. "Methane Emision Factor for Enteric Fermentation in Beef Cattle Using IPCC Tier 2 Method in Indonesia". *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 21 (2): 101–1012.

Wigih, Y. H., S. N. O. Suwandyastuti, dan M. Bata. 2013. "Peningkatan Kualitas Pakan Kerbau Ditinjau dari Kecernaan Bahan Kering dan Kecernaan Bahan Organik". *Jurnal Ilmiah Peternakan* 1: 768–773.

BAB II KONTRIBUSI SAPI POTONG PADA GAS RUMAH KACA DI INDONESIA

Muhammad Nasir R. dan Yenny Nur A.

A. EMISI GAS RUMAH KACA DARI TERNAK SAPI POTONG

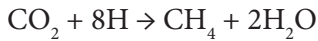
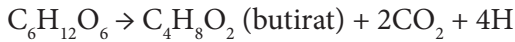
Sapi potong di Indonesia terdiri atas sapi potong lokal dan impor yang khusus digemukkan selama waktu tertentu. Jenis pakan yang dikonsumsi sapi potong di Indonesia adalah rumput lapang, tanaman pakan ternak, dan sumber hijauan dari limbah pertanian. Pakan asal limbah pertanian dan perkebunan mempunyai keterbatasan, yaitu mengandung protein kasar dan bahan organik terlarut yang rendah serta serat kasar yang tinggi (Preston dan Leng 1987). Apabila digunakan sebagai pakan sapi potong, ini akan mendorong terbentuknya gas metana (CH_4) lebih banyak (Bamualim dkk. 2008). Konversi nutrisi bahan pakan menjadi gas CH_4 dihasilkan dari produk sekunder selama proses fermentasi rumen, yaitu asam lemak mudah terbang (*volatile fatty acid*/VFA) dan hidrogen bebas (H_2). Asam lemak mudah terbang yang terdiri atas asam asetat, asam propionat, dan asam butirat merupakan sumber energi untuk ternak ruminansia. Gas H_2 yang dihasilkan

akan digunakan oleh bakteri metanogenesis untuk membentuk gas CH_4 dalam rumen. Proses pembentukan gas CH_4 dalam rumen adalah sebagai berikut.

$C_6H_{12}O_6 + 2H_2O \rightarrow 2C_2H_4O_2$ (asetat)$+2CO_2 + 8H$

$C_6H_{12}O_6 + 4H \rightarrow 2C_3H_6O_2$ (propionat) $+ 2H_2O$

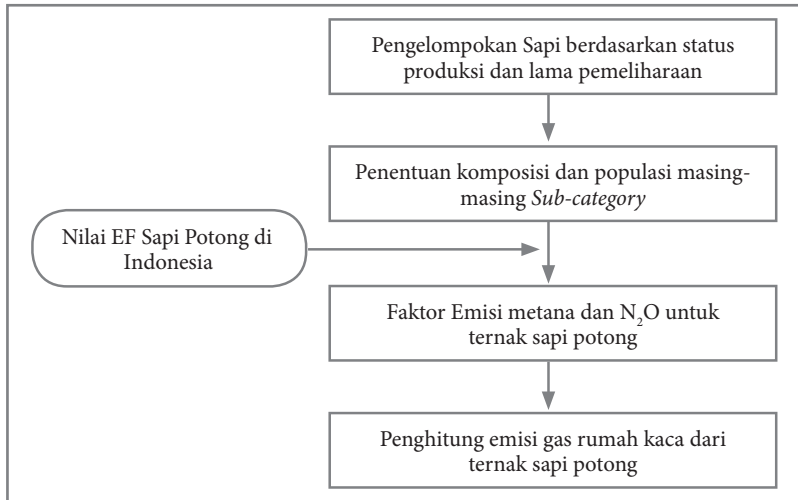
$C_6H_{12}O_6 \rightarrow C_4H_8O_2$ (butirat) $+ 2CO_2 + 4H$

$CO_2 + 8H \rightarrow CH_4 + 2H_2O$

Selain gas CH_4 dari pencernaan ruminansia (enterik), gas CH_4 dan N_2O dari manajemen kotoran (*manure*) juga berkontribusi terhadap gas rumah kaca (GRK). Besaran kontribusi GRK sapi potong dapat diestimasi melalui metodologi Tier 1, Tier 2, dan Tier 3 yang disarankan oleh IPCC (2006). Untuk itu, diperlukan beberapa data yang mendefinisikan kategori ternak, populasi, dan konsumsi pakan serta karakterisasinya. Tahapan metode Tier yang digunakan menggambarkan kompleksitas metodologi dengan menggunakan data yang ada. Oleh karena itu, penggunaan metode Tier 1 yang selama ini dilakukan untuk mengestimasi emisi GRK dari peternakan perlu ditingkatkan menjadi Tier 2 dalam menduga nilai kontribusi GRK dari ternak sapi potong.

B. KONTRIBUSI NILAI EMISI CH_4 DAN N_2O DARI SAPI POTONG

Kontribusi sapi potong pada GRK di Indonesia yang dihitung menggunakan prosedur yang telah dijelaskan pada IPCC Tier 2 didasarkan pada beberapa kategori umur dan bobot badan yang sesuai dengan kondisi di Indonesia serta jenis sapi impor penggemukan yang mempunyai masa hidup lebih pendek (rata-rata 120 hari). Kategori umur dan bobot badan tersebut akan menjadi faktor penting dalam penghitungan jumlah total emisi GRK dari sapi potong. Seluruh tahapan penghitungan emisi GRK dari sapi potong diawali dengan menentukan nilai faktor emisi

(FE) gas CH_4 dan formulasi emisi gas N_2O yang digunakan dalam menghitung total emisi GRK dari sapi potong di Indonesia.

Tahapan penentuan kontribusi GRK dari sapi potong di Indonesia dengan menggunakan metode Tier 2 IPCC dijelaskan pada Gambar 2.1.

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Gambar 2.1 Tahapan Penentuan Kontribusi GRK dari Sapi Potong di Indonesia

Tahapan pengelompokan sapi potong berdasarkan status produksi dan lama pemeliharaan sapi impor merupakan bagian yang penting untuk menentukan nilai FE yang akan digunakan dalam penghitungan emisi gas CH_4 dan N_2O menggunakan metode Tier 2 IPCC (IPCC 2006). Pada proses penghitungan GRK ini, sapi potong dibedakan menjadi sapi potong yang dipelihara sepanjang tahun (sapi lokal) dan sapi potong impor yang dipelihara selama 120 hari. Sapi potong lokal dibagi menjadi empat status produksi (subkategori), yaitu masa pra-sapih, masa

lepas sapih, ternak muda, dan ternak dewasa. Sapi impor hanya satu subkategori, yaitu yang dipelihara hanya selama 120 hari (rata-rata) untuk tujuan produksi penggemukan (Tabel 2.1).

Tabel 2.1 Pengelompokan Sapi Potong berdasarkan Status Produksi dan Lama Pemeliharaan Sapi Impor Penggemukan (Subkategori)

Subkategori	Umur	Bobot badan (kg)
Sapih	<1 tahun	63,00
Lepas sapih	1–2 tahun	134,48
Muda	2–4 tahun	286,00
Dewasa	>4 tahun	400,00
Sapi impor	Penggemukan (120 hari)	500,00

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Pengelompokan status produksi pada sapi potong dan sapi impor penggemukan akan memengaruhi jumlah konsumsi energi bruto (*Gross Energy Intake*/GEI) yang menghasilkan perbedaan nilai EF pada status sapi potong yang berbeda (IPCC 2006). Hal ini disebabkan perbedaan jenis dan jumlah pakan yang dikonsumsi oleh setiap ternak pada tiap-tiap subkategori. Nilai energi bruto (GE) yang digunakan dalam penghitungan nilai EF untuk sapi potong di Indonesia menggunakan beberapa pengelompokan pakan, yaitu pakan hijauan (17,4 MJ/kg BK), limbah tanaman dan industri pertanian (15,5 MJ/kg BK), hijauan leguminosa (19,7 MJ/kg BK), biji-bijian (20,2 MJ/kg BK), dan pakan konsentrat (18,9 MJ/kg BK) (Puslitbangnak 2016).

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH) telah melaporkan komposisi (persentase) tiap-tiap subkategori sapi potong pada publikasi statistik tahun 2012. Data tersebut digunakan untuk menghitung komposisi sapi potong yang dikelompokkan pada subkategori yang digunakan untuk penentuan nilai FE. Komposisi untuk setiap level produksi sapi

potong berdasarkan hasil sensus tersebut disajikan pada Tabel 2.2. Komposisi sapi potong sebagai hasil modifikasi dari data komposisi sapi potong tersebut digunakan untuk menghitung jumlah populasi sapi potong untuk tiap-tiap subkategori dalam penentuan total emisi GRK dari sapi potong menggunakan metode Tier 2 IPCC (Tabel 2.3).

Table 2.2 Komposisi Sapi Potong berdasarkan Level Produksi

Status/umur	Jenis kelamin	Komposisi (%)
Sapih (<1 tahun)	Jantan + betina	19,30
Lepas sapih (1–2 tahun)	Jantan + betina	25,85
Muda (2–4 tahun)	Jantan + betina	18,15
Dewasa (>4 tahuh)	Jantan + betina	26,89
Sapi impor (penggemukan)	Jantan	9,81

Sumber: Ditjen PKH (2012)

Tabel 2.3 Hasil Penghitungan Jumlah Populasi berdasarkan Subkategori Sapi Potong di Indonesia dari Tahun 2006 sampai dengan Tahun 2014

Tahun	Sub-kategori				
	Sapih (<1 tahun)	Lepas sapih (1–2 tahun)	Muda (2–4 tahun)	Dewasa (>4 tahun)	Sapi impor (penggemukan)
2006	2.098.899	2.811.220	1.973.835	2.924.321	1.066.850
2007	2.222.370	2.976.594	2.089.949	3.096.349	1.129.609
2008	2.365.525	3.168.332	2.224.574	3.295.801	1.202.373
2009	2.462.649	3.298.418	2.315.911	3.431.120	1.251.740
2010	2.621.243	3.510.836	2.465.055	3.652.084	1.332.352
2011	2.861.104	3.832.100	2.690.624	3.986.274	1.454.271
2012	3.084.274	4.131.010	2.900.496	4.297.209	1.567.706
2013	2.448.444	3.279.393	2.302.552	3.411.330	1.244.520
2014	2.842.311	3.806.930	2.672.951	3.960.090	1.444.719

Sumber : Ditjen PKH (2015)

Nilai FE untuk sapi potong yang dijelaskan dalam metode Tier 2 IPCC dibagi menjadi tiga bagian, yaitu FE untuk gas CH_4 enterik, gas CH_4 pengelolaan kotoran, dan gas N_2O dari pengelolaan kotoran yang dihitung menggunakan beberapa formulasi yang berbeda. Nilai FE untuk CH_4 enterik diperoleh melalui penghitungan menggunakan rumusan dan data subkategori sapi potong, nilai GEI, lama pemeliharaan dalam satu tahun dan nilai standar konversi energi pakan menjadi gas CH_4 (Ym) untuk sapi potong (IPCC 2006). Sementara itu, nilai FE untuk CH_4 dan N_2O dari pengelolaan kotoran berupa *solid storage* dihitung menggunakan data tambahan bobot badan dan nilai kecernaan bahan pakannya dengan rumus yang dikeluarkan oleh IPCC (IPCC 2006). Nilai FE tersebut digunakan dalam menghitung kontribusi GRK dari sapi potong. Nilai FE untuk setiap sumber gas dari sapi potong di Indonesia berdasarkan subkategorinya disajikan dalam Tabel 2.4. Penghitungan N_2O dari pengelolaan kotoran berupa *solid storage* di Asia dihitung menggunakan rumus yang dikeluarkan oleh IPCC (IPCC 2006).

Tabel 2.4 Nilai Faktor Emisi Gas CH_4 dari Sapi Potong berdasarkan Status Produksi dan Pemeliharaan

Subkategori sapi potong	Bobot badan (kg)	FE untuk CH_4 enterik	FE untuk CH_4 kotoran ternak
Sapih (0–1 tahun)	63,00	18,18	0,78
Lepas sapih (1–2 tahun)	134,48	27,18	1,62
Muda (2–4 tahun)	286,00	41,77	3,47
Dewasa (>4 tahun)	400,00	55,89	3,64
Sapi impor (penggemukan)	500,00	25,49	7,97

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Kontribusi emisi GRK dari sapi potong merupakan penjumlahan dari tiga sumber GRK, yaitu gas CH_4 enterik, gas CH_4 pengelolaan kotoran, dan gas N_2O pengelolaan kotoran sapi potong berupa *solid storage*.

C. ESTIMASI NILAI EMISI GAS CH_4 DAN N_2O DARI SAPI POTONG

Estimasi nilai emisi gas CH_4 enterik dari sapi potong di Indonesia menunjukkan nilai tertinggi pada sapi lokal dewasa (Tabel 2.5). Hal ini disebabkan besarnya GEI dan komposisinya dalam populasi. Nilainya bervariasi antara 1,09–4,65 Gg CO_2-e/ekor/tahun pada 2014. Sapi impor penggemukan mempunyai nilai emisi yang kecil karena lama pemeliharaan yang singkat (120 hari) dalam satu tahun.

Tabel 2.5 Estimasi Emisi CH_4 Enterik dari Sapi Potong di Indonesia Tahun 2006–2014 (Gg CO_2-e/tahun)

Tahun	Sub-kategori					
	Sapih (<1 tahun)	Lepas sapih (1–2 tahun)	Muda (2–4 tahun)	Dewasa (>4 tahun)	Sapi impor	Total
2006	0,80	1,60	1,73	3,43	0,57	8,14
2007	0,85	1,70	1,83	3,63	0,60	8,62
2008	0,90	1,81	1,95	3,87	0,64	9,17
2009	0,94	1,88	2,03	4,03	0,67	9,55
2010	1,00	2,00	2,16	4,29	0,71	10,17
2011	1,09	2,19	2,36	4,68	0,78	11,10
2012	1,18	2,36	2,54	5,04	0,84	11,96
2013	0,93	1,87	2,02	4,00	0,67	9,50
2014	1,09	2,17	2,34	4,65	0,77	11,02

Nilai emisi gas CH_4 dari pengelolaan kotoran bervariasi antara 0,03–0,33 Gg CO_2-e/tahun (Tabel 2.6), lebih rendah dibandingkan yang dihasilkan dari enterik. Perbedaan ini disebabkan oleh tingkat kecernaan bahan pakan. Emisi CH_4 dari kotoran ternak akan semakin berkurang jika tingkat kecernaan pakan semakin tinggi. Hal ini disebabkan semakin banyak produk metabolisme sekunder yang diubah menjadi gas CH_4 oleh bakteri metanogenesis.

Tingkat kecernaan bahan pakan juga akan memengaruhi besarnya nilai emisi gas N_2O dari pengelolaan kotoran karena semakin besar ekskresi N dalam feses, akan semakin besar gas nitrogen yang terbuang menjadi emisi gas N_2O, seperti yang dijelaskan dalam Tabel 2.6.

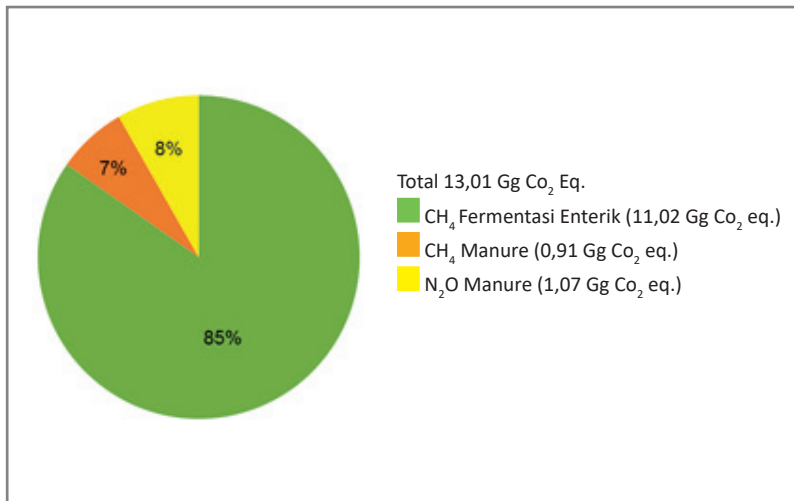
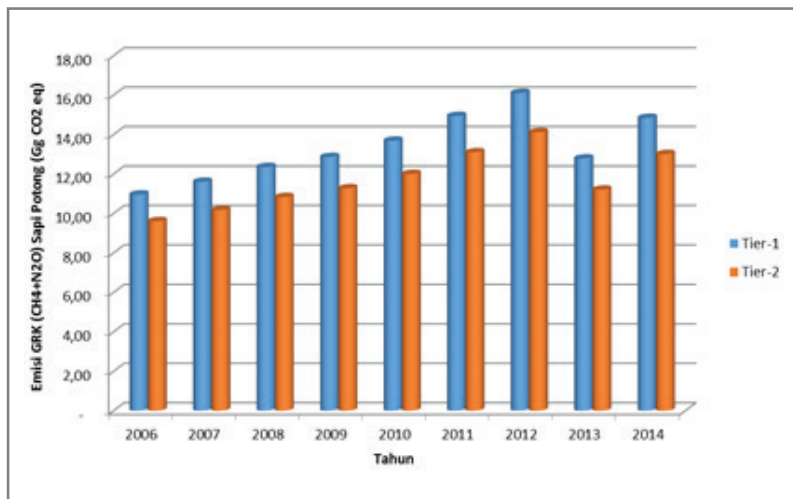
Tabel 2.6 Estimasi Emisi Gas CH_4 dan N_2O Pengelolaan Kotoran Sapi Potong di Indonesia Tahun 2006–2014 (Gg CO_2-e/tahun)

Tahun	Subkategori					
	Sapih (<1 tahun)	Lepas sapih (1–2 tahun)	Muda (2–4 tahun)	Dewasa (>4 tahun)	Sapi impor	Total
			CH_4			
2006	0,03	0,10	0,14	0,22	0,18	0,68
2007	0,04	0,10	0,15	0,24	0,19	0,72
2008	0,04	0,11	0,16	0,25	0,20	0,76
2009	0,04	0,11	0,17	0,26	0,21	0,79
2010	0,04	0,12	0,18	0,28	0,22	0,84
2011	0,05	0,13	0,20	0,30	0,24	0,92
2012	0,05	0,14	0,21	0,33	0,26	0,99
2013	0,04	0,11	0,17	0,26	0,21	0,79
2014	0,05	0,13	0,19	0,30	0,24	0,91
			NO_2			
2006	0,04	0,11	0,16	0,33	0,15	0,79
2007	0,04	0,11	0,17	0,35	0,16	0,84
2008	0,04	0,12	0,18	0,38	0,17	0,89
2009	0,04	0,13	0,19	0,39	0,18	0,93
2010	0,05	0,13	0,20	0,42	0,19	0,99
2011	0,05	0,15	0,22	0,46	0,21	1,08
2012	0,06	0,16	0,24	0,49	0,22	1,17
2013	0,04	0,13	0,19	0,39	0,18	0,93
2014	0,05	0,15	0,22	0,45	0,21	1,07

Estimasi dengan menggunakan metode Tier 2 IPCC menunjukkan bahwa total kontribusi emisi GRK dari sapi potong sebesar 13,01 Gg CO_2-e pada tahun 2014 (Tabel 2.7). Jumlahnya meningkat sebesar 3,14% per tahun dari tahun 2006 sampai tahun 2014. Peningkatan jumlah kontribusi dipengaruhi oleh perubahan populasi, status produksi, dan jumlah ternak sapi potong yang diimpor. Sapi potong impor menggunakan lebih dari 80% pakan konsentrat yang dicirikan dengan rendahnya kandungan serat kasarnya sehingga menghasilkan jumlah CH_4 dari fermentasi enterik yang rendah.

Berdasarkan sumber GRK dari sapi potong, yaitu gas CH_4 dari enterik dan pengelolaan kotoran serta N_2O dari pengelolaan kotoran, kontribusi terbesar adalah dari gas CH_4 dari fermentasi enterik, yaitu sebesar 85% (Gambar 2.2). Nilai estimasi emisi GRK dari sapi potong menggunakan metode Tier 2 IPCC berhasil mengurangi nilai emisi yang dihitung dengan menggunakan Tier 1 IPCC. Hal ini disebabkan oleh faktor koreksi dari pengelompokan ternak berdasarkan status produksi dan lama pemeliharaan untuk sapi potong impor (penggemukan). Nilai pengurangan emisi GRK tersebut terhitung sebesar 12,34% (Gambar 2.4).

Tabel 2.7 Kontribusi Emisi GRK Total dan per Subkategori dari Sapi Potong di Indonesia Tahun 2006–2014 (Gg CO_2-e/ekor/tahun)

Tahun	Subkategori					
	Sapih (<1 tahun)	Lepas sapih (1–2 tahun)	Muda (2–4 tahun)	Dewasa (>4 tahun)	Sapi impor	Total
2006	0,87	1,81	2,04	3,99	0,90	9,61
2007	0,93	1,91	2,16	4,22	0,95	10,18
2008	0,98	2,04	2,30	4,50	1,02	10,83
2009	1,03	2,12	2,39	4,68	1,06	11,28
2010	1,09	2,26	2,54	4,98	1,13	12,00
2011	1,19	2,46	2,78	5,44	1,23	13,10
2012	1,28	2,66	2,99	5,86	1,33	14,12
2013	1,02	2,11	2,38	4,65	1,05	11,21
2014	1,18	2,45	2,76	5,40	1,22	13,01

Gambar 2.2 Kontribusi GRK sapi potong di Indonesia dan komposisinya tahun 2014 berdasarkan sumber emisi GRK.

Gambar 2.3 Perbandingan Kontribusi Emisi GRK Sapi Potong di Indonesia antara Metode Tier 1 dengan Tier 2 IPCC

D. KESIMPULAN

Emisi CH_4 enterik sapi potong di Indonesia mempunyai tren peningkatan setiap tahun, dengan kenaikan rata-rata 3,14% per tahun. Sumber GRK terbesar pada sapi potong adalah emisi CH_4 dari fermentasi enterik (85%), sumber kedua terbesar adalah N_2O dari pengelolaan kotoran (8%), dan yang ketiga adalah CH_4 dari pengelolaan kotoran (7%). Estimasi kontribusi GRK dari sapi potong di Indonesia dengan menggunakan metode IPCC Tier 2 menghasilkan informasi GRK lebih rendah dibandingkan estimasi menggunakan metode IPCC Tier 1. Nilai pengurangan emisi GRK tersebut terhitung sebesar 12,34% karena faktor subkategori berdasarkan status fisiologis ternak.

DAFTAR PUSTAKA

Bamualim, A., A. Thalib, Y. N. Anggraeny, dan Mariyono. 2008. "Teknologi Peternakan Berwawasan Lingkungan".*Wartazoa* 18: (3): 149–156.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH). 2012. *Statistik Peternakan 2012*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH). 2015. *Statistik Peternakan 2015*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan (Puslitbangnak). 2016. *Report National Green House Gases Inventory from Livestock*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kementerian Pertanian.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Diedit oleh H. S. Eggleston, K. Miwa, N. Srivastava, dan K. Tanabe. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kouazounde, J. B., J. D. Gbenou, S. Babatounde, N. Srivastava, S. H. Eggleston, C. Antwi, J. Baah, dan T. A. McAllister. 2015. "Development of Methane Emission Factors for Enteric Fermenation in Cattle from Benin Using IPCC Tier 2 Methodology". *Animal* 9: 526–533.

Lassey, K. R. 2007. "Livestock Methane Emission: From the Individual Grazing Animal through National Inventories to the Global Methane Cycle". *Agricultural and Forest Meteorology* 142: 120–132.

Leng, R.A. 1993. "Quantative Ruminant Nutrition: A Green House Science". *Australian Journal of Agricultural Research* 44: 363–380.

Martin, C., M. Doreau, dan D. P. Morgavi. 2010. "Methane Mitigation in Ruminants: From Rumen Microbes to the Animal". *Animal* 4: 351–365.

Nugroho, H. D., I. G. Permana, dan Despal. 2015. "Utilization of Bioslurry on Maize Hydroponic Fodder as a Corn Silage Supplement on Nutrient Digestibility and Milk Production of Dairy Cows". *Media Peternakan* 38: 70–76.

Nurhayu, A., D. Pasambe, dan M. Sariubang. 2010. "Kajian Pemanfaataan Pakan Lokal dan UMB untuk Penggemukan Sapi Potong di Kabupaten Pinrang, Sulsel". Dalam *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner*, diedit oleh L. H. Prasetyo, L. Natalia, S. Iskandar, P. Puastuti, T. Herawati, Nurhayati, A. Anggraeni, R. Damayanti, N. L. P. I. Dharmayanti, S. E. Estuningsih.. Bogor, 3–4 Agustus 2010. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kementerian Pertanian.

Preston, T. R., dan R. A. Leng. 1987. *Matching Ruminant Production System with Available Resources in the Tropic and Subtropics*. Armidale: Penambul Book.

Rofiq, M. N., S. Martono, M. Gorgulu, dan M. Boga. 2014. "Combination Effect of Clove and Cinnamon Oil on in Vitro Rumen Gas and Methane Production. Dalam *Proceedings 2nd International Seminar on Animal Industry*, 431–437. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Widiawati, Y. 2013. "Estimation of Methane Emission from Enteric Fermentation and Manure Management of Domestic Livestock in Indonesia". Dalam *Proceedings of the 5th Greenhouse Gasses and Animal Agriculture Conference 4, Part 2* (June): 443. Cambridge: Cambridge University Press. Diakses dari https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/8CE9B35EE62DB2092EAD3FC6B41B9CDE/S2040470013000101a.pdf/poster_presentations_monday.pdf.

Yan, T., V. B. Woods, S. J. Morrison, F. O. Lively, R. Annett, L. E. R. Dawson, dan A. Carson. 2010. "Development of Tiers-2 and 3 Methane Emission Factors for Enteric Fermentation and Manure Management of Cattle and Sheep Using Hillsborough Herd Data and Calorimetric Methane Measurements". *Advances in Animal Bioscience*, 1: 49.

BAB III
EMISI GAS RUMAH KACA DARI SAPI PERAH DI INDONESIA

Teguh Wahyono dan Yeni Widiawati

A. PENYEMPURNAAN METODE ESTIMASI EMISI GAS RUMAH KACA DARI SAPI PERAH

Program kedaulatan pangan di Indonesia perlu diimbangi dengan peningkatan populasi ternak. Peningkatan jumlah ternak akan berdampak pada peningkatan upaya mitigasi gas rumah kaca (GRK) yang dihasilkan dari ternak. Ternak ruminansia adalah salah satu komoditas ternak yang mendapatkan perhatian khusus dalam hal emisi GRK dan langkah untuk memitigasinya. Hal ini disebabkan ruminanisa menghasilkan emisi GRK yang berasal dari saluran pencernaan (fermentasi enterik) dan kotoran (*manure*) (IPCC 2006). Dua gas utama yang menyumbang emisi GRK dari ternak adalah metana (CH_4) dan *dinitrookside* (N_2O).

Metana dari enterik berasal dari fermentasi karbohidrat pakan khususnya pati, pektin, selulosa, dan hemiselulosa oleh mikrob rumen. Sebagian ion hidrogen pasca-fermentasi akan berafiliasi dengan ion karbon menjadi CH_4. Sementara itu, jumlah

CH_4 dan N_2O yang diemisikan dari kotoran ternak dipengaruhi oleh manajemen pengelolaan limbah yang diterapkan oleh peternak/perusahaan (IPCC 2006). Efisiensi pakan yang buruk direpresentasikan oleh tingginya produksi CH_4 hasil fermentasi enterik (Bhatta, Enishi, dan Kurihara 2007).

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (BPS 2015), populasi sapi perah berada di urutan ketiga terbesar dari total populasi ternak ruminansia besar di Indonesia. Populasi sapi perah berjumlah 503.000 ekor pada 2014. Peningkatan kebutuhan susu akan mendorong upaya peningkatan produksi susu di Indonesia. Dalam upaya tersebut, pemerintah berusaha meningkatkan populasi sapi perah berserta perbaikan manajemen pemeliharaannya. Pola kenaikan populasi dan produksi susu akan meningkatkan emisi GRK yang berasal dari sapi perah. Oleh karena itu, perlu strategi yang tepat untuk mengatasinya, terutama dalam hal informasi emisi GRK yang dihasilkan oleh sapi perah.

Estimasi produksi CH_4 dapat dihitung berdasarkan metode yang ada pada IPCC (2006). Metode dasar yang sering diterapkan adalah Tier 1 yang hanya berbasis pada faktor emisi dan data populasi ternak di suatu negara. Kelemahan metode ini adalah tidak mempertimbangkan faktor populasi yang dibagi dalam beberapa subkategori berdasarkan status produksi ternak. Hal tersebut karena emisi GRK pada ternak berbanding lurus dengan ukuran tubuhnya. Faktor lain yang harus dipertimbangkan adalah perlunya data konsumsi pakan sebagai syarat estimasi estimasi GRK yang dihasilkan dari proses fermentasi enterik (IPCC 2006).

Faktor emisi pada metode Tier 1 juga perlu disempurnakan karena adanya perbedaan manajemen dan kondisi lingkungan antara negara maju dan negara berkembang. Oleh karena itu, estimasi emisi GRK menggunakan Tier 2 perlu dilakukan untuk merefleksikan kondisi sebenarnya di Indonesia mengenai emisi GRK yang dihasilkan oleh sapi perah.

Hal tersebut sangat diperlukan karena mekanisme mitigasi GRK sangat bergantung pada akurasi estimasi yang dilakukan oleh Dong dkk. (2004). Tujuan dari artikel ini adalah memberikan informasi estimasi emisi GRK dengan menggunakan metode Tier 2 IPCC dan hasilnya akan dibandingkan dengan metode Tier 1 IPCC.

B. PENENTUAN EMISI GAS CH_4 DAN N_2O DARI SAPI PERAH

Penentuan emisi GRK mengikuti panduan yang disampaikan dalam buku IPCC (2006). Informasi yang diperlukan dalam pengestimasian emisi adalah 1) sumber data untuk koleksi; 2) subkategori sapi perah berdasarkan status produksi; 3) komposisi dan populasi sapi perah pada masing-masing subkategori; 4) faktor emisi CH_4 dan N_2O dari sapi perah.

Berbagai informasi dari hasil penelitian yang telah dipublikasikan dalam artikel ilmiah, baik di laporan ilmiah, prosiding maupun jurnal nasional terakreditasi dijadikan salah satu unsur dalam mengestimasi emisi gas rumah kaca dari sapi perah. Pemilihan informasi dan data mengikuti persyaratan yang ada pada buku panduan IPCC (2006), tetapi disesuaikan dengan lingkungan, subkategori ternak, dan kondisi pakan di Indonesia. Kondisi lingkungan peternakan sapi perah di Indonesia mayoritas berupa sistem peternakan tradisional (Sulistyati dkk. 2013). Data populasi yang terbagi dalam beberapa subkategori diperoleh dari BPS (2015) dilengkapi dengan data dari Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH), Kementerian Pertanian.

Pembagian ternak menjadi beberapa subkategori sesuai dengan status produksinya merupakan komponen penting yang membedakan estimasi menggunakan metode Tier 2 IPCC dengan Tier 1 IPCC. Pada Tier 1 IPCC, tidak dilakukan pembagian subkategori pada tiap-tiap komoditas ternak (IPCC 2006).

Hal tersebut berpengaruh pada hasil estimasi emisi GRK pada setiap ekor ternak yang dianggap memberikan nilai yang sama. Menurut Broucek (2014), emisi GRK yang dihasilkan seekor ternak bervariasi tergantung komoditas dan aktivitas fisik ternak tersebut. Dalam metode Tier 2 IPCC di Indonesia, sapi perah dibagi menjadi empat subkategori berdasarkan status produksi (Tabel 3.1).

Tabel 3.1 Pembagian Subkategori Sapi Perah Berdasarkan Status Produksi

Subkategori	Umur (tahun)	Berat badan (kg)
Sebelum sapih	0–1	46,00
Lepas sapih	1–2	198,64
Muda	2–4	275,00
Dewasa	>4	402,50

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Penentuan komposisi populasi pada tiap-tiap subkategori (Tabel 3.3) berdasarkan pada data yang telah dipublikasikan oleh Ditjen PKH pada tahun 2012 yang telah disesuaikan berdasarkan pembagian subkategori pada Tabel 3.1. Komposisi tersebut merupakan hasil sensus di lapangan oleh Kementerian Pertanian (Tabel 3.2).

Tabel 3.2 Komposisi (%) Populasi Sapi Perah Berdasarkan Subkategori

Subkategori	Jenis kelamin	Komposisi (%)
Sebelum sapih	Jantan dan betina	21,73
Lepas sapih	Jantan dan betina	24,03
Muda	Jantan dan betina	21,70
Dewasa	Jantan dan betina	32,54

Sumber: Ditjen PKH (2012)

Populasi sapi perah total yang digunakan dalam estimasi diambil dari data yang dipublikasikan oleh BPS (2015). Data tersebut merupakan data statistik peternakan Indonesia pada tahun 2006–2014 (Tabel 3.4).

Tabel 3.3 Populasi Sapi Perah di Indonesia Tahun 2006–2014

Tahun	Populasi (ekor)
2006	369.008
2007	374.057
2008	457.577
2009	474.701
2010	488.448
2011	597.213
2012	611.940
2013	444.266
2014	503.000

Sumber: BPS (2015)

Tabel 3.4 Populasi Sapi Perah Berdasarkan Subkategori Tahun 2006–2014

Tahun	Subkategori			
	Sebelum sapih (<1 tahun)	Lepas sapih (1–2 tahun)	Muda (2–4 tahun)	Dewasa (>4 tahun)
2006	80.185	88.673	80.060	120.090
2007	81.285	89.888	81.158	121.736
2008	99.431	109.956	99.276	148.914
2009	103.152	114.071	102.991	154.487
2010	106.140	117.374	105.974	158.960
2011	129.774	143.510	129.571	194.357
2012	132.975	147.049	132.766	199.150
2013	96.539	106.757	96.388	144.582
2014	109.302	120.871	109.131	163.696

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Merujuk data komposisi populasi sapi perah berdasarkan subkategori (Tabel 3.2) dan data populasi total (Tabel 3.3), dapat diketahui populasi sapi perah untuk tiap-tiap subkategori.

Faktor penting lainnya dalam mengestimasi emisi GRK dari sapi perah adalah nilai faktor emisi CH_4 dan N_2O. Definisi dari masing-masing adalah sebagai berikut.

1) Faktor emisi CH_4 dari fermentasi enterik. Faktor emisi yang digunakan didasarkan pada kondisi pemeliharaan di Indonesia, baik berupa tipe pakan maupun manajemen pemeliharaannya. Faktor emisi ini dibagi pada tiap-tiap subkategori yang dapat dilihat pada Tabel 3.5.
2) Faktor emisi CH_4 dari kotoran sapi perah. Faktor emisi ini didasarkan data konsumsi dan kecernaan pakan sapi perah yang dipelihara dengan manajemen pemeliharaan spesifik di Indonesia. Faktor emisi CH_4 dari kotoran sapi perah pada tiap-tiap subkategori dapat dilihat pada Tabel 3.5.
3) Faktor emisi N_2O dari kotoran sapi perah. Emisi N_2O dari kotoran masih menggunakan nilai yang dipublikasikan IPCC (2006) karena Indonesia belum memiliki nilai tersebut. Nilai ini didasarkan pada unsur bobot badan ternak dan populasinya.

Tabel 3.5 Nilai Faktor Emisi (FE) CH_4 dari Fermentasi Enterik dan Kotoran Sapi Perah

Subkategori	FE enterik (kg CH_4/ekor/tahun)	FE kotoran (kg CH_4/ekor/tahun)
Sebelum sapih	16,55	0,52
Lepas sapih	35,06	2,52
Muda	51,96	5,53
Dewasa	77,14	12,18

Dalam mengestimasi emisi GRK dari sapi perah, semua sumber emisi GRK, yaitu CH_4 dari enterik fermentasi, CH_4 dari kotoran, dan N_2O dari kotoran, perlu dikumulatifkan.

C. ESTIMASI NILAI EMISI GAS CH_4 DAN N_2O DARI SAPI PERAH

Emisi gas CH_4 enterik dari sapi perah pada 2006–2014 berdasarkan subkategori, sapi perah dewasa menyumbang emisi CH_4 enterik terbesar setiap tahun (Tabel 3.6). Emisi CH_4

meningkat setiap tahun sepanjang 2006–2012. Pada 2013, emisi CH_4 sempat menurun, tetapi kembali naik pada 2014. Penurunan ini disebabkan data populasi sapi perah dari BPS yang dilaporkan turun pada 2013.

Tabel 3.6 Emisi Gas CH_4 Hasil Fermentasi Enterik Sapi Perah Tahun 2006–2014

Tahun	Subkategori				
	Sebelum sapih (<1 tahun)	Lepas sapih (1–2 tahun)	Muda (2–4 tahun)	Dewasa (>4 tahun)	Total
2006	0,0279	0,0653	0,0874	0,1946	0.3752
2007	0,0282	0,0662	0,0886	0,1972	0,3802
2008	0,0346	0,0809	0,1083	0,2412	0,4650
2009	0,0358	0,0840	0,1124	0,2503	0,4825
2010	0,0369	0,0864	0,1156	0,2575	0,4964
2011	0,0451	0,1056	0,1414	0,3149	0,6070
2012	0,0462	0,1082	0,1449	0,3226	0,6219
2013	0,0335	0,0786	0,1052	0,2342	0,4515
2014	0,0380	0,0890	0,1191	0,2652	0,5113

Pada Tier 2 IPCC, emisi CH_4 enterik dipengaruhi oleh faktor emisi yang didasarkan pada status fisiologis dan pakan ternak, selain faktor populasi sebagai faktor utama. Hal tersebut dibuktikan oleh peningkatan emisi CH_4 setiap tahun yang dipengaruhi oleh peningkatan populasi sapi perah. Kenaikan emisi CH_4 enterik berkisar antara 1,37–22,32% per tahun. Peningkatan emisi CH_4 berbanding lurus dengan peningkatan populasi sapi perah (Tabel 3.4). Sapi perah dewasa menyumbang emisi terbesar, yaitu 51,87%. Hal tersebut karena populasi sapi perah dewasa sebesar 32,54% dari populasi total yang ada di Indonesia (Ditjen PKH 2012).

Produksi CH_4 enterik dipengaruhi oleh kualitas pakan dan status fisiologis ternak. Perkembangan saluran pencernaan juga berperan penting terkait dengan efisiensi pemakaian pakan.

Ominski dkk. (2007) melaporkan bahwa gas CH_4 enterik merupakan faktor kunci dalam estimasi emisi GRK yang dihasilkan oleh ternak. Estimasi CH_4 enterik sangat diperlukan untuk menentukan kebijakan manajemen pakan dalam suatu industri peternakan yang ramah lingkungan.

Peternak di Indonesia, khususnya peternak rakyat, memanfaatkan kotoran ternak sebagai pupuk, baik diolah dalam bentuk kompos terlebih dahulu maupun tidak. Pengelolaan tradisional dalam penanganan kotoran ternak menimbulkan masalah klasik berupa pencemaran gas CH_4 dan N_2O dari kotoran ternak (Herawati 2012). Emisi CH_4 dan N_2O yang dihasilkan dari kotoran sapi perah di Indonesia per tahun dapat dilihat pada Tabel 3.7. Pola peningkatan emisi kedua gas tersebut identik dengan pola peningkatan pada emisi CH_4 hasil fermentasi enterik (Tabel 3.6). Faktor emisi CH_4 menggunakan kalkulasi yang berdasarkan pada status fisiologis dan manajemen pakan di Indonesia, sedangkan faktor emisi N_2O berdasarkan kalkulasi pada IPCC (2006). Nilai faktor emisi pada IPCC diperoleh dari nilai GE dan GEI dari setiap pakan yang dikonsumsi ternak.

Data pakan yang digunakan untuk menghitung CH_4 dalam artikel ini berupa rumput gajah dan limbah pertanian (jerami padi, jerami jagung) sebagai hijauan pakan utama. Bamualim dkk. (2008) menjelaskan bahwa CH_4 dari kotoran ternak bergantung pada jenis pakan yang diberikan, status fisiologis, dan manajemen penanganan kotoran. Jenis pakan yang mengandung nutrisi tinggi cenderung menghasilkan CH_4 yang rendah. Pada Tabel 3.7, terlihat bahwa sapi dewasa cenderung menghasilkan CH_4 tertinggi (67,42%). Hal tersebut disebabkan oleh komposisi ternak dewasa yang terbesar dibandingkan status fisiologis lain, yang berkorelasi positif dengan konsumsi pakan. Sapi perah dewasa menghasilkan proporsi emisi N_2O tertinggi, yaitu 52,74%, disusul oleh sapi muda (24,02%), sapi lepas sapih (19,22%), dan sebelum sapih (4,02%).

Tabel 3.7 Emisi Gas CH_4 dan N_2O dari Kotoran Sapi Perah Tahun 2006–2014 (CO_2-e Gg/tahun)

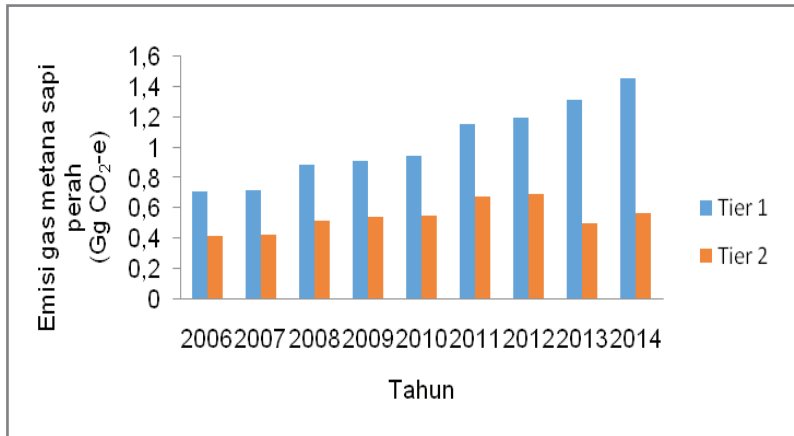
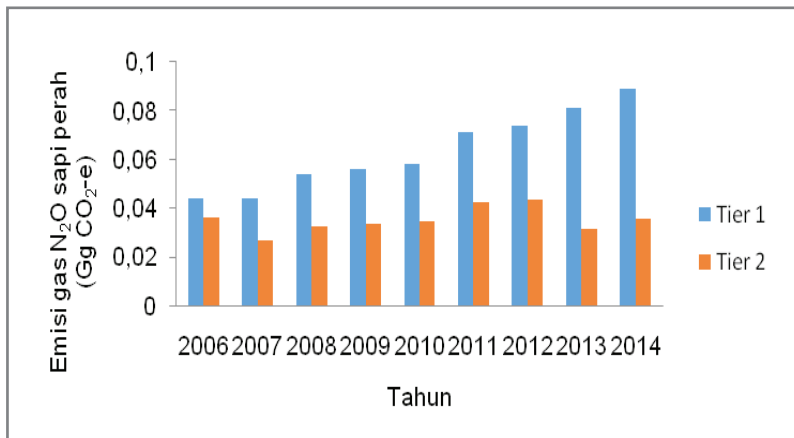
Tahun	Subkategori				Total
	Sebelum sapih (<1 tahun)	Lepas sapih (1–2 tahun)	Muda (2–4 tahun)	Dewasa (>4 tahun)	
			CH_4		
2006	0,0009	0,0047	0,0093	0,0307	0,0456
2007	0,0009	0,0047	0,0094	0,0311	0,0462
2008	0,0011	0,0058	0,0115	0,0381	0,0565
2009	0,0011	0,0060	0,0120	0,0395	0,0586
2010	0,0012	0,0062	0,0123	0,0407	0,0603
2011	0,0014	0,0076	0,0150	0,0497	0,0737
2012	0,0014	0,0078	0,0154	0,0509	0,0756
2013	0,0010	0,0056	0,0112	0,0370	0,0549
2014	0,0012	0,0064	0,0127	0,0419	0,0621
			N_2O		
2006	0,0015	0,0070	0,0087	0,0191	0,0363
2007	0,0011	0,0051	0,0064	0,0140	0,0266
2008	0,0013	0,0062	0,0078	0,0171	0,0324
2009	0,0014	0,0065	0,0081	0,0178	0,0337
2010	0,0014	0,0067	0,0083	0,0183	0,0347
2011	0,0017	0,0081	0,0102	0,0223	0,0424
2012	0,0017	0,0083	0,0104	0,0229	0,0434
2013	0,0013	0,0061	0,0076	0,0166	0,0316
2014	0,0014	0,0069	0,0086	0,0188	0,0357

Emisi N_2O yang tinggi selain karena proporsi populasi yang tinggi juga diduga disebabkan oleh tingginya kandungan protein yang sulit tecerna dalam pakan. Kecernaan protein yang rendah akan meningkatkan kandungan N yang tinggi dalam pakan. Nampoothiri dkk. (2015) menjelaskan bahwa kandungan protein tecerna dalam pakan sangat berpengaruh terhadap proporsi CH_4 enterik dan N_2O dari kotoran. Ransum yang mengandung

persentase konsentrat tinggi akan meningkatkan N_2O dari kotoran karena tingginya kandungan N dalam feses.

Ada beberapa faktor yang perlu dipelajari lebih lanjut untuk estimasi emisi N_2O dari kotoran, yaitu pakan dan manajemen pengelolaan limbah. Hal tersebut karena dinamika tingkat pencemaran N_2O pada peternakan di lahan terbuka sangat bervariasi. Beberapa di antaranya adalah proses limbah ikutan lain yang menyertai di kandang berupa jerami yang teramoniasi oleh urine maupun pupuk anorganik yang belum terserap tanah (Waldrip dkk. 2016).

Salah satu tujuan artikel ini adalah untuk mendemonstrasikan bahwa peningkatan metode estimasi GRK dari Tier 1 IPCC menjadi Tier 2 IPCC memberikan hasil yang lebih akurat. Perbandingan hasil estimasi emisi gas CH_4 total dan N_2O tersebut dapat dilihat pada Gambar 3.1 dan 3.2. Hasil estimasi dengan metode Tier 1 IPCC selalu lebih tinggi daripada Tier 2 IPCC. Perbedaan hasil estimasi emisi gas CH_4 total berkisar pada 40,99–61,49%. Perbedaan estimasi emisi N_2O berkisar antara 17,73–61,08%.

Perbedaan ini disebabkan oleh nilai faktor emisi yang digunakan. Pada metode Tier 2 IPCC, jenis pakan dan status fisiologis sapi perah disertakan dalam penentuan faktor emisi. Hal tersebut lebih merepresentasikan kondisi sebenarnya di Indonesia. Rumus Tier 1 disusun berdasarkan estimasi dari negara maju untuk menentukan faktor emisi. Estimasi tersebut juga tidak memandang perbedaan status fisiologis ternak. Hal ini tidak bisa langsung diterapkan karena adanya ketimpangan jenis ternak, manajemen, dan jenis pakan yang berbeda berdasarkan iklim yang ada.

Gambar 3.1 Emisi Gas CH_4 Total (Hasil Fermentasi Enterik + Kotoran) dari Sapi Perah Tahun 2006–2014 Hasil Estimasi Tier 1 dan Tier 2 IPCC

Gambar 3.2 Emisi Gas N_2O dari Sapi Perah Tahun 2006–2014 Hasil Estimasi Tier 1 dan Tier 2 IPCC

Perbedaan variasi perbandingan pada Gambar 3.1 dan 3.2 adalah karena peningkatan atau penurunan populasi sapi perah setiap tahun. Peningkatan atau penurunan populasi juga bervariasi antarstatus fisiologis ternak sehingga memengaruhi estimasi pada Tier 2 IPCC.

Provolo, Grimaldi, dan Riva (2012) melaporkan bahwa nilai estimasi Tier 1 IPCC cenderung lebih tinggi dibandingkan metode Tier 2 IPCC. Parameter spesifik dalam Tier 2 IPCC adalah faktor yang memengaruhi signifikansi penurunan nilai dibandingkan Tier 1 IPCC. Aljalaoud, Yan, dan Abdukader (2011) melaporkan bahwa dalam estimasi emisi GRK enterik maupun kotoran menggunakan Tier 2 IPCC di Arab Saudi selalu lebih rendah dibandingkan rumus Tier 1 IPCC. Metode Tier 2 IPCC juga telah diterapkan di China untuk menentukan emisi GRK yang dihasilkan ruminansia besar (sapi perah, sapi potong, yak, dan kerbau). Hasil yang didapatkan berupa penurunan nilai dibandingkan metode Tier 1 IPCC (Xue dan Wang Yan 2014).

D. KESIMPULAN

Emisi CH_4 enterik sapi perah di Indonesia semakin meningkat setiap tahun, dengan kenaikan antara 1,37–22,32% per tahun. Sapi perah dengan status fisiologis dewasa menghasilkan emisi sebesar 51,87% dari total CH_4 enterik yang dihasilkan sapi perah. Sapi perah dewasa menghasilkan CH_4 sebesar 67,42% dari total CH_4 kotoran. Sapi perah dewasa juga menghasilkan proporsi emisi N_2O tertinggi, yaitu 52,74% disusul oleh sapi muda (24,02%), sapi lepas sapih (19,22%), dan sebelum sapih (4,02%). Pengestimasian dengan menggunakan Tier 2 IPCC menghasilkan informasi emisi GRK yang lebih rendah dibandingkan metode Tier 1 IPCC. Hal tersebut karena faktor subkategori berdasarkan status fisiologis ternak.

DAFTAR PUSTAKA

Aljaloud, A. A., T. Yan, dan A. M. Abdukader. 2011. "Development of a National Methane Emission Inventory for Domestic Livestock in Saudi Arabia". *Animal Feed Science and Technology* 166–167: 619–627.

Bamualim, A., A. Thalib, Y. N. Anggraeni, dan Mariyono. 2008. "Teknologi Peternakan Sapi Potong Berwawasan Lingkungan". *Wartazoa* 18 (3): 149–156.

Bhatta, R., O. Enishi, dan M. Kurihara. 2007. "Measurement of Methane Production from Ruminants". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 20: 1305–1318.

Badan Pusat Statistik. 2015. *Statistik Indonesia: Statistical Yearbook of Indonesia.* Jakarta: badan Pusat Statistik.

Broucek, J. 2014. "Production of Methane Emissions from Ruminant Husbandry: A Review". *Journal of Environmental Protection* 5: 1482–1493.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH). 2012. *Statistik Peternakan 2012*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH). 2015. *Statistik Peternakan 2015*. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian.

Dong, H., X. Tao, Q. He, dan H. Xin. 2004. "Comparison of Enteric Methane Emissions in China for Different IPCC Estimation Methods and Production Schemes". *Agricultural and Biosystems Engineering Publications* 47: 2051–2057.

Herawati, T. 2012. "Refleksi Sosial dari Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Sektor Peternakan di Indonesia". *Wartazoa* 22: 35–45.

Intergovernmental Panel on Climate Change. 2006. Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories. Diedit oleh H. S. Eggleston, K. Miwa, N. Srivastava, dan K. Tanabe. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Nampoothiri, V. M., M. Mohini, S. S. Thakur, dan G. Mondal. 2015. "Influence of Diet on Methane and Nitrous Oxide Emissions from Cattle Manure". *American Journal of Agricultural Economics* 8: 187–193.

Ominski, K. H., D. A. Boadi, K. M. Wittenberg, D. L. Fulawka, dan J. A. Basarab. 2007. "Estimates of Enteric Methane Emissions from Cattle in Canada Using the IPCC Tier 2 Methodology". *Canadian Journal of Animal Science* 87 (3): 459–467.

Provolo, G., D. Grimaldi, dan E. Riva. 2012. "Environmental Assesment of Livestock Farms: A Comparison of Different Methods to Estimate Emissions to Air". Dalam *International Conference RAGUSA SHWA*, 148–155. Rugasa, 3–6 September 2012, Ragusa (Italia).

Puslitbangnak. 2016. *Report National Green House Gases Inventory from Livestock*. Bogor: Puslitbangnak.

Sulistyati, M., Hermawan, dan Anita Fitriani. 2013. "Potensi Usaha Peternakan Sapi Perah Rakyat dalam Menghadapi Pasar Global (Potential of Small Scale Dairy Farm For Facing in Global Market)". *Jurnal Ilmu Ternak* 13 (1): 17–23.

Waldrip, H. M., R. W. Todd, D. B. Parker, N. A. Cole, C. A. Rotz, dan K. D. Casey. 2016. "Nitrous Oxide Emissions from Open-lot Cattle Feedyards: A Review". *Journal of Environmental Quality* 45: 1797–1811.

Xue, B., dan T. Wang Yan. 2014. "Methane Emission Inventories for Enteric Fermentation and Manure Management of Yak, Buffalo and Dairy and Beef Cattle in China from 1988 to 2009". *Agriculture, Ecosystems & Environment* 196: 202–210.

BAB IV
KERBAU, RUMINANSIA YANG PERLU DIPERHITUNGKAN SEBAGAI PENYUMBANG GAS RUMAH KACA DI INDONESIA

Noor Hudhia Krishna dan Yenny Nur Anggraeny

A. SUMBER GAS RUMAH KACA KERBAU

Sebagian energi pakan akan diserap dan dimanfaatkan oleh tubuh ruminansia. Selebihnya akan dibuang melalui feses, urin, dan gas metana (CH_4). Gas CH_4 yang dihasilkan dari proses fermentasi dalam rumen (CH_4 enterik) secara alamiah merupakan metabolit hasil fermentasi mikroorganisme rumen yang berbentuk gas dan sebagian besar akan dikeluarkan melalui mulut pada proses eruktasi dan bernafas (Henry dan Eckard 2009) serta 2–3% sisanya dikeluarkan pada saat defekasi bersama feses (Hristov dkk. 2014).

Metana enterik diproduksi dalam retikulo rumen, yaitu lambung depan hewan ruminansia, seperti kerbau, sapi, kambing, dan domba. Ukuran dan berat badan per status fisiologis kerbau dan sapi tidak jauh berbeda, begitu pula sistem saluran pencernaannya. Meskipun ternyata ekosistem rumen kerbau dan sapi berbeda, dilaporkan oleh Wanapat dkk. (2000), pH cairan rumen kerbau sedikit lebih tinggi 0,02 dibandingkan sapi (6,58).

Bakteri yang terkandung dalam 1 ml rumen kerbau cenderung lebih tinggi dibandingkan sapi, berturut-turut $1,61 \times 10^8$ dan $1,36 \times 10^8$ sel. Fungi dalam 1 ml rumen kerbau jauh lebih tinggi ($7,30 \times 10^6$ sel) dibandingkan sapi ($3,78 \times 10^6$ sel). Sementara itu, protozoa dalam 1 ml cairan rumen kerbau cenderung lebih rendah dibandingkan sapi, berturut-turut $2,15 \times 10^5$ dan $3,82 \times 10^5$ sel.

Ekosistem rumen yang berbeda tersebut memungkinkan kerbau memiliki kemampuan memanfaatkan serat pakan dan energi lebih baik dibandingkan sapi (Kawashima dkk. 2006). Gunawan, Romjali, dan Thalib (2011) menyatakan bahwa kerbau lebih efektif mencerna bahan kering pakan terutama kandungan selulosa dibandingkan sapi (*Bos taurus* maupun *Bos indicus*). Franzolin, Rosales, dan Soares (2010) melaporkan bahwa dengan kondisi pH yang relatif sama, perbedaan komposisi mikroorganisme rumen ternyata menghasilkan produksi N-amonia pada kerbau (11,71 mg/dL) yang lebih kecil dibandingkan sapi (14,51 mg/dL).

Produksi asam lemak volatil kedua spesies juga relatif sama, tetapi produksi asam propionat kerbau (23,59 mol/100 mol) lebih rendah dibandingkan sapi (27,42 mol/100 mol). Produksi asam asetat dan asam butirat kerbau berturut-turut 61,62 dan 14,80 mol/100 mol), sedangkan sapi berturut-turut 58,60 dan 13,62 mol/100 mol (Franzolin, Rosales, dan Soares 2010).

Ekosistem rumen yang berbeda dan perbedaan produksi beberapa parameter tersebut mengindikasikan kerbau lebih mampu memanfaatkan pakan berserat sehingga akan memproduksi CH_4 lebih tinggi dibandingkan sapi (Haryanto dan Thalib 2009). Namun, kerbau mengemisikan CH_4 lebih rendah dibandingkan sapi pada jumlah dan jenis pakan yang sama (Gunawan, Romjali dan Thalib 2011).

Meskipun kurang dari 5%, produksi CH_4 asal feses patut pula diperhitungkan sebagai cemaran yang berkontribusi terhadap

pemanasan global. Lebih dari itu, pengelolaan feses/manur juga dapat mengemisikan dinitrogen oksida (N_2O) yang berkontribusi 10% dari total GRK.

Artikel ini dimaksudkan untuk menyampaikan hasil estimasi produksi CH_4 dan N_2O dari kerbau setelah dilakukan perubahan metode dengan Tier 2 IPCC yang merupakan peningkatan akurasi estimasi dari Tier 1 IPCC yang selama ini digunakan untuk memprediksi emisi GRK, khususnya subsektor peternakan di Indonesia.

B. KONTRIBUSI EMISI GAS CH_4 DAN N_2O DARI KERBAU

Penentuan kontribusi kerbau pada GRK di Indonesia menggunakan metode Tier 2 IPCC dilakukan dengan memasukkan beberapa faktor sebagai berikut.

1) Kelompok kerbau berdasarkan beberapa subkategori status produksi yang berkorelasi dengan umur dan bobot badan.
2) Populasi dan komposisi setiap subkategori kerbau.
3) Nilai faktor emisi (FE) dari gas CH_4 dan gas N_2O dari kerbau di Indonesia.
4) Emisi GRK berupa CH_4 dan N_2O dari kerbau.

Kerbau dikelompokkan menjadi empat subkategori, yaitu 1) lahir hingga sapih; 2) kerbau muda; 3) kerbau dewasa 2–4 tahun; dan 4) kerbau dewasa >4 tahun. Pengelompokan subkategori kerbau serta korelasinya dengan umur dan berat badan ditampilkan pada Tabel 4.1.

Tabel 4.1 Pengelompokan Kerbau berdasarkan Status Produksi

Status produksi	Umur (tahun)	Berat badan (kg)
Lahir–sapih	<1	100
Muda	1–2	200
Dewasa	2–4	300
Dewasa	>4	400

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Pengelompokan subkategori pada kerbau berdasarkan umur yang selanjutnya akan berkorelasi dengan berat badan. Pengelompokan tersebut akan memengaruhi jumlah konsumsi energi pada setiap subkategori. Hal ini menyebabkan perbedaan nilai FE tiap-tiap subkategori pada kerbau.

Komposisi atau persentase tiap-tiap subkategori kerbau diambil dari pendataan sapi potong, sapi perah, dan kerbau tahun 2011 (Ditjen PKH 2012). Populasi kerbau pada tiap-tiap subkategori dihitung dari data populasi total statistik peternakan dan kesehatan hewan yang dilaporkan oleh Ditjen PKH (2015) dan Ditjen PKH (2017). Komposisi untuk tiap-tiap subkategori kerbau ditampilkan pada Tabel 4.2.

Tabel 4.2 Komposisi Kerbau berdasarkan Subkategori di Indonesia.

Sub-kategori	Jenis kelamin	Komposisi dalam populasi (%)
Lahir–sapih	Jantan + betina	16,32
Muda	Jantan + betina	20,67
Dewasa (2–4 tahun)	Jantan + betina	20,74
Dewasa (>4 tahun)	Jantan + betina	42,27

Sumber: Ditjen PKH (2012)

Penentuan nilai FE untuk gas CH_4 yang dihasilkan dari fermentasi saluran pencernaan kerbau, gas CH_4 dan gas N_2O dari pengelolaan kotoran kerbau menggunakan metode Tier 2 terdapat dalam buku panduan milik IPCC (2006). Nilai FE CH_4

dari enterik serta CH_4 dan N_2O dari pengelolaan kotoran pada setiap subkategori kerbau diolah berdasarkan panduan dari buku IPCC dengan mempertimbangkan konsumsi pakan dan energi, pertambahan berat badan dan nilai cerna bahan pakan yang dikonsumsi tiap subkategori kerbau. Nilai FE yang didapatkan pada tiap subkategori digunakan dalam mengestimasi kontribusi GRK dari kerbau. Nilai FE CH_4 enterik, gas CH_4 dan gas N_2O dari pengelolaan kotoran disajikan pada Tabel 4.3.

Tabel 4.3 Nilai FE CH_4 dari Enterik dan Pengelolaan Kotoran pada Tiap-tiap Subkategori Kerbau

Subkategori	Bobot badan (kg)	FE CH_4 (kg CH_4/ekor/tahun)	
		Enterik	Pengelolaan kotoran
Lahir–sapih (<1 tahun)	100	20,5531	0,7476
Muda (2–4 thn)	200	41,1063	3,9864
Dewasa (2–4 thn)	300	61,6594	8,9695
Dewasa (>4 thn)	400	82,2126	15,9457

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Kontribusi emisi GRK dari kerbau merupakan total dari tiga sumber GRK, yaitu gas CH_4 enterik, gas $CH_{4,}$ dan gas N_2O dari pengelolaan kotoran.

C. ESTIMASI EMISI GAS CH_4 DAN N_2O DARI KERBAU

Gas CH_4 dan N_2O adalah gas rumah kaca terpenting yang diproduksi dari ternak ruminansia, termasuk kerbau. Gas CH_4 dihasilkan oleh fermentasi saluran pencernaan (metana enterik) dan feses, sedangkan sumber N_2O ruminansia adalah kotoran, baik urin maupun feses. Produksi CH_4 enterik sekitar 97% dan sisanya diemisikan oleh kotoran (Broucek 2014).

1. Populasi Kerbau pada Berbagai Subkategori di Indonesia

Populasi kerbau pada berbagai subkategori, yaitu lahir–sapih, kerbau muda, dan kerbau dewasa ditampilkan pada Tabel 4.4.

Tabel 4.4 Populasi Kerbau pada Berbagai Subkategori di Indonesia

Tahun	Populasi pada tiap subkategori (ekor)			
	Lahir–sapih (<1 tahun)	Muda (1–2 tahun)	Dewasa (2–4 tahun)	Dewasa (>4 tahun)
2011	212.989	269.890	233.215	588.984
2012	234.730	297.439	257.021	649.105
2013	181.093	229.473	198.290	500.781
2014	217.896	276.108	238.588	602.554
2015	219.817	278.542	240.692	607.866
2016	221.156	280.240	242.158	611.570

Berdasarkan Tabel 4.4, dapat dilihat bahwa populasi kerbau paling tinggi adalah pada subkategori dewasa umur lebih dari empat tahun, sedangkan populasi terendah adalah pada subkategori lahir sampai sapih (<1 tahun). Populasi kerbau yang tinggi pada subkategori dewasa umur >4 tahun akan menyebabkan tingginya tingkat konsumsi bahan kering dan energi dari pakan. Selain itu, berat badan pada subkategori dewasa umur >4 tahun membutuhkan konsumsi pakan lebih banyak.

2. Emisi Gas CH_4 Enterik dari Kerbau

Estimasi nilai emisi gas CH_4 enterik dari kerbau di Indonesia ditampilkan pada Tabel 4.5. Estimasi nilai emisi gas CH_4 enterik dari kerbau menunjukkan nilai yang tertinggi pada kerbau dewasa >4 tahun, yaitu 1.024,616 Gg CO_2-e/tahun. Nilai terendah adalah pada subkategori lahir–sapih (<1 tahun), yaitu 92,630 Gg CO_2-e/tahun. Nilai emisi gas CH_4 enterik dipengaruhi oleh populasi dan berat badan tiap-tiap subkategori. Subkategori dewasa >4 tahun mempunyai populasi yang tinggi, tetapi berbanding terbalik

dengan populasi kerbau status produksi lahir–sapih (<1 tahun). Faktor lain yang berpengaruh pada nilai emisi CH_4 enterik adalah berat badan yang akan memengaruhi konsumsi energi.

Estimasi emisi CH_4 enterik pada kerbau mulai tahun 2011 sampai dengan 2016 cenderung stabil—mendekati angka 1.700 Gg CO_2-e/tahun—kecuali pada 2012 yang mengalami peningkatan menjadi 1.811,531 Gg CO_2-e/tahun dan penurunan pada 2013, yaitu 1.397,586 Gg CO_2-e/tahun.

Tabel 4.5 Nilai Emisi CH_4 dari Enterik pada Tiap-tiap Status Produksi Kerbau di Indonesia pada 2011–2016 (Gg CO_2-e)

Tahun	Emisi CH_4 enterik (Gg CO_2-e)				
	Lahir–sapih (<1 tahun)	Muda (1–2 tahun)	Dewasa (2–4 tahun)	Dewasa (>4 tahun)	Total
2011	91,929	232,978	301,978	1.016,860	1.643,745
2012	101,313	256,759	332,803	1.120,656	1.811,531
2013	78,162	198,088	256,755	864,580	1.397,586
2014	94,047	238,346	308,936	1.040,288	1.681,617
2015	94,876	240,447	311,659	1.049,459	1.696,441
2016	95,454	241,912	313,558	1.055,854	1.706,778

3. Emisi Gas CH_4 dari Pengelolaan Kotoran Kerbau

Feses ternak berpotensi untuk menghasilkan gas CH_4 selama proses penyimpanan dan pengolahan. Gas CH_4 yang dihasilkan dari feses ternak bervariasi tergantung jenis pakan yang diberikan, subkategori, cara pengelolaan kotoran, jumlah feses dan jenis ternak. Estimasi nilai emisi gas CH_4 dari pengelolaan kotoran kerbau di Indonesia ditampilkan pada Tabel 4.6.

Tabel 4.6 Nilai Emisi CH_4 dari Pengelolaan Kotoran Kerbau pada Tiap Status Produksi di Indonesia pada 2011–2016

Tahun	Emisi CH_4 dari pengelolaan kotoran kerbau (Gg CO_2-e)				
	Lahir–sapih (<1 tahun)	Muda (1–2 tahun)	Dewasa (2–4 tahun)	Dewasa (>4 tahun)	Total
2011	3,344	22,594	43,928	197,227	267,093
2012	3,685	24,900	48,412	217,359	294,356
2013	2,843	19,210	37,350	167,691	227,094
2014	3,421	23,114	44,940	201,771	273,247
2015	3,451	23,318	45,337	203,550	275,655
2016	3,472	23,460	45,613	204,790	277,335

Estimasi nilai emisi gas CH_4 dari pengelolaan kotoran kerbau menunjukkan nilai lebih rendah dibandingkan yang dihasilkan oleh enterik. Nilai emisi gas CH_4 dari pengelolaan kotoran yang tertinggi pada kerbau dewasa >4 tahun, yaitu 198,731 Gg CO_2-e/tahun, sedangkan yang paling rendah adalah pada subkategori lahir–sapih (<1 tahun), yaitu 3,369 Gg CO_2-e/tahun. Nilai emisi gas CH_4 dari pengelolaan kotoran kerbau dipengaruhi oleh populasi kerbau serta berat badan tiap-tiap subkategori. Nilai emisi total gas CH_4 dari pengelolaan kotoran kerbau tertinggi pada tahun 2012 sebesar 294,356 Gg CO_2-e/tahun dan terendah pada tahun 2013 sebesar 227,094 Gg CO_2-e/tahun. Hal ini disebabkan oleh penurunan populasi kerbau.

Gas CH_4 yang dihasilkan dari pengelolaan kotoran ternak bervariasi bergantung jenis pakan yang diberikan, status fisiologis, manajemen penanganan feses, jumlah feses, dan jenis ternak. Jenis pakan berkualitas tinggi akan menghasilkan produksi dalam jumlah yang rendah (Bamualim dkk. 2008), seperti pakan konsentrat, sedangkan pakan hijauan menyumbangkan emisi GRK yang lebih tinggi, terutama pakan hijauan yang tinggi serat kasar. Hal ini berhubungan dengan nilai C/N. Jika nilainya tinggi, nitrogen akan digunakan oleh bakteri metanogen untuk

memenuhi kebutuhan nitrogennya, selanjutnya akan mengurangi penggunaan karbon. Sebagai akibatnya, produksi gas akan rendah (Windyasmara, Pertiwiningrum, dan Yusiati 2012).

4. Emisi gas N_2O dari Pengelolaan Kotoran Kerbau

Selain CH_4, kotoran ruminansia juga mengemisikan gas rumah kaca, seperti amonia (NH_3) dan nitrogen oksida (N_2O). Nitrogen oksida dikenal sebagai gas rumah kaca yang memiliki umur yang penjang dan berperan besar dalam merusak ozon di stratosfer, sedangkan NH_3 memiliki umur sangat pendek, hanya beberapa jam sampai beberapa hari (Yamaji, Ohara, dan Akimoto 2004).

Kotoran ternak dapat memproduksi N_2O secara langsung maupun tidak langsung. Proses emisi langsung N_2O asal kotoran ternak merupakan kombinasi antara nitrifikasi dan denitrifikasi nitrogen yang terkandung dalam kotoran, emisi N_2O kotoran selama penyimpanan, dan perlakuan tergantung kandungan nitrogen dan karbon dari kotoran serta durasi penyimpanan dan model perlakuannya. Emisi tidak langsung N_2O adalah hilangnya nitrogen volatil, terutama dalam bentuk amonia dan NOx (IPCC 2006). Emisi N_2O pengelolaan kotoran kerbau disajikan pada Tabel 4.7.

Menurut IPCC (2006), nilai acuan laju pengeluaran nitrogen pada ruminansia bervariasi di beberapa daerah (Amerika Utara, Eropa Barat, Eropa Timur, Oseania, Amerika Latin, Afrika, Timur Tengah, dan Asia). Namun, untuk kerbau nilainya sama di semua daerah tersebut, yaitu 0,32 kg N/1000 kg berat ternak/hari.

Pada Tabel 4.7, terlihat bahwa emisi N_2O kotoran terendah dihasilkan oleh kerbau yang berumur kurang dari 1 tahun, dan meningkat secara bertahap seiring dengan pertambahan umur, yaitu pada saat muda (1–2 tahun), dewasa (2–4 tahun), dan dewasa lebih dari 4 tahun; dengan nilai emisi berturut-turut

sebesar 57,707 Gg CO_2-e; 146,249 Gg CO_2-e; 189,563 Gg CO_2-e; dan 638,320 Gg CO_2-e.

Tabel 4.7 Nilai Emisi N_2O dari Pengelolaan Kotoran Kerbau pada Tiap-tiap Subkategori di Indonesia pada 2011–2016

Tahun	Emisi N_2O dari pengelolaan kotoran kerbau (Gg CO_2-e)				
	Lahir–sapih (<1 tahun)	Muda (1–2 tahun)	Dewasa (2–4 tahun)	Dewasa (>4 tahun)	Total
2011	57,271	145,142	188,128	633,488	1.024,028
2012	63,117	159,957	207,331	698,152	1.128,556
2013	48,694	123,406	159,955	538,620	870,675
2014	58,590	148,486	192,462	648,084	1.047,622
2015	59,107	149,795	194,159	653,797	1.056,857
2016	59,467	150,707	195,342	657,781	1.063,297

Estimasi emisi N_2O dari pengelolaan kotoran kerbau mulai 2011 sampai dengan 2016 relatif sama, tetapi mencapai titik terendah pada tahun 2013, yaitu sebesar 870,675 Gg CO_2-e.

5. Total Kontribusi GRK dari Kerbau di Indonesia

Total emisi GRK dari kerbau, baik CH_4 enterik maupun pengelolaan kotoran serta dari gas N_2O pengelolaan kotoran ditampilkan pada Tabel 4.8. Nilai rata-rata total emisi GRK tiap tahun dari kerbau adalah 2.957,252 Gg CO_2-e. Emisi GRK asal kerbau di Indonesia cenderung fluktuatif selama tahun 2011 sampai dengan 2013, tahun selanjutnya emisi GRK cenderung stabil sekitar 3.000 Gg CO_2-e.

Tabel 4.8 Nilai Emisi Total GRK dari CH_4 Enterik, CH_4 dan N_2O dari Pengelolaan Kotoran Kerbau di Indonesia pada 2011–2016

Tahun	Sumber emisi GRK			Total
	CH_4 enterik	CH_4 pengelolaan kotoran	N_2O pengelolaan kotoran	
2011	1.643,745	267,093	1.024,028	2.934,866
2012	1.811,531	294,356	1.128,556	3.234,443
2013	1.397,586	227,094	870,675	2.495,355
2014	1.681,617	273,247	1.047,622	3.002,486
2015	1.696,441	275,655	1.056,857	3.028,954
2016	1.706,778	277,335	1.063,297	3.047,410

Gas CH_4 dari enterik menjadi kontributor terbesar pada emisi GRK dari kerbau, per tahun rata-rata sebesar 1.656,283 Gg CO_2-e atau sebesar 56,01%. Sementara itu, CH_4 dari pengelolaan kotoran memiliki kontribusi terkecil, yaitu 269,130 Gg CO_2-e atau senilai 9,10%. Adapun N_2O berkontribusi sebesar 34,89% atau 1.031,839 Gg CO_2-e.

D. KESIMPULAN

Penghitungan emisi GRK dari kerbau di Indonesia dapat dilakukan dengan menggunakan metode Tier 2 IPCC. Penghitungan emisi GRK dari kerbau menggunakan metode Tier 2 IPCC di Indonesia dilakukan dengan mengelompokkan kerbau menjadi empat subkategori, yaitu 1) lahir hingga sapih (<1 tahun); 2) kerbau muda (1–2 tahun); 3) kerbau dewasa (2–4 tahun); dan 4) kerbau dewasa (>4 tahun). Emisi GRK asal kerbau terbesar adalah dari kerbau dewasa dengan umur >4 tahun dan sumber GRK terbesar dari kerbau adalah gas CH_4 yang berasal dari fermentasi pakan dalam rumen.

DAFTAR PUSTAKA

Bamualim, A., A. Thalib, Y. N. Anggraeny, dan Mariyono. 2008. "Teknologi Peternakan Berwawasan Lingkungan". *Wartazoa* 18 (3): 149–156.

BPS. 2015. *Statistik Indonesia: Statistical Yearbook of Indonesia*. Jakarta: BPS.

Broucek, J. 2014. "Production of Methane Emissions from Ruminant Husbandry: A Review". *Journal of Environmental Protection* 5: 1482–1493.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH). 2012. *Statistik Peternakan 2012*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH). 2012. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2012*. Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH). 2015. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2015*. Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2017. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan 2017*. Direktorat Jendaral Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian.

Franzolin, R., F. P. Rosales, dan W. V. B. Soares. 2010. "Effect of Dietary Energy and Nitrogen Supplements on Rumen Fermentation and Protozoa Population in Buffalo and Zebu Cattle". *Revista Brasileira de Zootecnia* 39: 549–555.

Gunawan, E. Romjali, dan C. Thalib. 2011. "Kebijakan Pengembangan Pembibitan Kerbau mendukung Swasembada Daging Sapi/Kerbau". Dalam Percepatan Perbibitan dan Pengembangan Kerbau melalui Kearifan Lokal dan Inovasi Teknologi untuk Mensukseskan Swasembada Daging Kerbau dan Sapi serta Peningkatan Kesejahteraan Peternak. Prosiding Seminar dan Lokakarya Nasional Kerbau, 241–245. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan.

Haryanto, B., dan A. Thalib. 2009. "Emisi Metana dari Fermentasi Enterik: Kontribusinya secara Nasional dan Faktor-faktor yang Memengaruhinya pada Ternak". *Wartazoa* 19: 157–165.

Henry, B., dan R. Eckard. 2009. "Greenhouse Gas Emissions in Livestock Production Systems". *Tropical Grasslands* 43: 232–238.

Hristov, A. N., J. Oh, L. Firkins, J. Djikstra, E. Kebreab, G. Waghorn, H. P. S. Makkar, A. T. Adesogan, W. Yang, C. Lee, P. J. Gerber, B. Henderson, dan J. M. Tricarico. 2014. "Mitigation of Methane and Nitrous Oxide Emissions from Animal Operations: A Review of Enteric Methane Mitigation Options". *Journal of Animal Science* 91: 5045–5069.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Diedit oleh H. S. Eggleston, K. Miwa, N. Srivastava, dan K. Tanabe. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kawashima, T., W. Sumamal, P. Pholsen, R. Chaithiang, dan M. Kurihara. 2006. "Comparative Study on Energy and Nitrogen Metabolisms between Brahman Cattle and Swamp Buffalo Fed with Low Quality Diet". *Japan Agricultural Research Quarterly* 40: 183–188.

Kouazounde, J. B., J. D. Gbenou, S. Babatounde, N. Srivastava, S. H. Eggleston, C. Antwi, J. Baah, dan T. A. McAllister. 2015. "Development of Methane Emission Factors for Enteric Fermenation in Cattle from Benin Using IPCC Tier 2 Methodology". *Animal* 9: 526–533.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan (Puslitbangnak). 2016. *Report National Green House Gases Inventory from Livestock*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kementerian Pertanian.

Sulistyati, M., Hermawan, dan Anita Fitriani. 2013. "Potensi Usaha Peternakan Sapi Perah Rakyat dalam Menghadapi Pasar Global (Potential of Small Scale Dairy Farm for Facing in Global Market)". *Jurnal Ilmu Ternak* 13 (1): 17–23.

Wanapat, M., A. Ngarmsang, S. Korkhuntot, N. Nontaso, C. Waehirapakorn, G. Beakes, dan P. Rowlinson. 2000. "A Comparative Study on the Rumen Microbial Population of Cattle and Swamp Buffalo Raised under Traditional Village Conditions in the Northest of Thailand". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 13: 918–921.

Widiawati, Y. 2013. "Estimation of Methane Emission from Enteric Fermentation and Manure Management of Domestic Livestock in Indonesia". Dalam Proceedings of the 5th Greenhouse Gasses and Animal Agriculture Conference 4, Part 2 (June): 443. Cambridge: Cambridge University Press. Diakses dari https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/8CE9B35EE62DB2092EAD3FC6B41B9CDE/S2040470013000101a.pdf/poster_presentations_monday.pdf.

Windyasmara, L., A. Pertiwiningrum, dan L. M. Yusiati. 2012. "Pengaruh Jenis Kotoran Ternak sebagai Substrat dengan Penambahan Serasah Daun Jati (*Tectona grandis*) terhadap Karakteristik Biogas pada Proses Fermentasi". *Buletin Peternakan* 36 (1): 40–47.

Yamaji, K., T. Ohara, dan H. Akimoto. 2004. "Regional-specific Emission Inventory for NH_3, N_2O and CH_4 via Animal Farming in South, Southeast and East Asia". *Atmospheric Environment* 38: 7111–7121.

BAB V
SUMBANGAN EMISI GAS RUMAH KACA DARI DOMBA DI INDONESIA

Yeni Widiawati dan Bess Tiesnamurti

A. DOMBA SEBAGAI PENYUMBANG GAS RUMAH KACA

Gas rumah kaca (GRK), terutama gas CH_4 yang diemisikan dari enterik, memberikan dua pengaruh negatif, yaitu bagi lingkungan dan bagi ternaknya. Dari sisi ternak, produksi gas CH_4 dalam rumen menunjukkan inefisiensi penggunaan energi dan merupakan pemborosan, yaitu salah satu bentuk kehilangan energi dari pakan yang dikonsumsi. Proporsi energi bruto pakan yang dikonversikan menjadi gas CH_4 sebesar 6–12% (Immig 1996; McCrabb dan Hunter 1999). Dari segi lingkungan, GRK dapat meningkatkan suhu bumi yang pada akhirnya dapat menyebabkan perubahan iklim dunia.

Di Indonesia, sapi potong merupakan kontributor emisi gas CH_4 dari enterik yang tertinggi, yaitu 65,12% dari seluruh emisi ternak ruminansia, atau sebesar 58,84% dari total emisi gas CH_4 seluruh komoditas ternak (Widiawati 2013). Namun, ternak domba dengan populasi yang sangat besar dapat pula

menjadi penyumbang emisi GRK. Populasi domba meningkat dari sekitar 8,9 juta ekor pada 2006 menjadi 16,09 juta ekor pada 2014. Populasi domba meningkat sebesar 80,79% selama delapan tahun atau terjadi peningkatan populasi sebesar 10,1% per tahun. Dengan populasi yang sedemikian banyak, domba memberikan kontribusi nyata terhadap emisi GRK pada lingkungan.

Nilai emisi GRK dari peternakan di Indonesia yang sudah dilaporkan Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK 2018) masih menggunakan metode Tier 1. Faktor emisi masih menggunakan faktor acuan dari IPCC (2006). Faktor acuan untuk domba di wilayah Asia atau negara berkembang menurut IPCC adalah 5. Nilai faktor emisi yang disarankan oleh IPCC 2006 untuk wilayah Asia tampaknya tidak menggambarkan kondisi sesungguhnya atau cenderung lebih tinggi daripada kondisi di Indonesia (Widiawati 2013). Hal ini dapat dilihat dari data yang disajikan Indonesian Center for Animal Research and Development (ICARD 2016). Faktor emisi untuk domba pada laporan tersebut dikelompokkan menjadi tiga subkategori ternak, yaitu sebelum sapih, muda, dan dewasa, dengan nilai faktor emisi masing-masing 1,3052; 4,3304; dan 5,2052. Metode yang dapat digunakan dengan adanya data tentang pembagian populasi domba berdasarkan subkategori dengan faktor emisi untuk tiap-tiap subkategori adalah metode Tier 2. Dengan adanya perbedaan nilai faktor emisi ini, dimungkinkan akan terdapat perbedaan hasil estimasi emisi GRK dari domba.

Oleh karena itu, artikel ini menyajikan estimasi emisi GRK dari ternak domba menggunakan metode Tier 2. Agar dapat dilihat perbedaan emisi yang dihasilkan dengan menggunakan metode Tier 1, dilakukan pula perbandingan emisi yang dihasilkan dengan menggunakan kedua metode tersebut.

B. PENDEKATAN DALAM MEMPERKIRAKAN EMISI GAS RUMAH KACA DARI DOMBA

Estimasi emisi gas CH_4 dari ternak domba menggunakan metode Tier 2 dengan beberapa data yang diperlukan, yaitu pengelompokan berdasarkan status produksi (subkategori), penentuan komposisi dan populasi untuk tiap-tiap subkategori serta faktor emisi CH_4 dan N_2O untuk ternak domba.

Dalam estimasi emisi GRK dengan menggunakan metode Tier 1, tidak terdapat pembagian ternak berdasarkan status produksi (subkategori). Semua ternak dihitung satu unit ternak, yaitu sebagai ternak dewasa. Pada kenyataan di lapangan, tidak semua domba berada pada status produksi dewasa. Oleh karena itu, pada metode Tier 2 dilakukan pengelompokan ternak berdasarkan status produksinya di mana domba dibagi menjadi tiga tingkat produksi, yaitu anak, muda dan dewasa atau produksi. Pengelompokan ternak berdasarkan subkategori untuk domba disajikan pada Tabel 5.1, yaitu berdasarkan bobot badan. Hal ini disebabkan bobot badan sangat erat korelasinya dengan jenis dan jumlah pakan yang dikonsumsi.

Tabel 5.1 Pengelompokan Domba Berdasarkan Level Produksi (Subkategori)

Subkategori	Umur (bulan)	Bobot badan (kg)
Anak	<8	8,00
Muda	8–18	20,00
Dewasa	>18	25,00

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Produksi gas CH_4 dari proses pencernaan (enterik fermentasi) sangat dipengaruhi oleh jenis dan jumlah pakan yang dikonsumsi. Anak domba yang belum disapih masih mengonsumsi susu dan konsentrat sehingga belum menghasilkan emisi CH_4. Pada usia menjelang disapih, baru mulai diberikan makanan sumber serat.

Oleh karena itu, produksi gas CH_4 selama proses pencernaan di dalam rumen masih rendah.

Pada kelompok domba muda dan dewasa, jenis pakan yang dikonsumi relatif sama, tetapi jumlahnya berbeda. Perlu diperhatikan, jumlah konsumsi pakan dipengaruhi oleh bobot badan ternak (National Research Council [NRC] 1985). Oleh karena itu, domba muda yang mempunyai bobot badan lebih rendah daripada domba dewasa akan mengonsumsi lebih sedikit bahan kering pakan. Jumlah dan kualitas pakan yang diberikan pada ternak juga dapat memengaruhi jumlah gas CH_4 yang dihasilkan dari enterik fermentasi (Mills dkk. 2003).

Penentuan komposisi (persentase) dari tiap-tiap subkategori menggunakan data hasil sensus yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Peternakan pada 2011 dan dipublikasikan dalam statistik Direkorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH) pada 2015. Komposisi untuk setiap tingkat produksi domba berdasarkan hasil sensus tersebut disajikan pada Tabel 5.2.

Table 5.2 Komposisi Domba Berdasarkan Tingkat Produksi

Subkategori	Jenis kelamin	Komposisi (%)
Anak	Jantan + betina	27,66
Muda	Jantan + betina	25,90
Dewasa	Jantan + betina	46,44

Sumber: Ditjen PKH (2015)

Populasi total domba menurut data statistik peternakan Indonesia dari tahun 2006 sampai tahun 2014 (BPS 2015) terdapat dalam Tabel 5.3.

Tabel 5.3 Populasi Domba di Indonesia 2006–2014

Tahun	Populasi (ekor)
2006	8.979.849
2007	9.514.184
2008	9.605.339
2009	10.198.766
2010	10.725.488
2011	11.790.612
2012	13.420.440
2013	14.925.898
2014	16.092.000

Sumber: BPS (2015)

Dengan mengacu pada data komposisi domba berdasarkan subkategori atau level produksi (Tabel 5.2) dan data populasi total (Tabel 5.3), dapat diestimasi populasi domba untuk setiap level produksi (subkategori) yang disajikan pada Tabel 5.4.

Tabel 5.4 Populasi Domba Berdasarkan Subkategori Tahun 2006–2014

Tahun	Estimasi populasi domba (000) (ekor)		
	Anak	Muda	Dewasa
2006	2.484	2.326	4.170
2007	2.632	2.464	4.418
2008	2.657	2.488	4.461
2009	2.821	2.641	4.736
2010	2.967	2.778	4.981
2011	3.261	3.054	5.476
2012	3.712	3.476	6.323
2013	4.129	3.866	6.932

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Estimasi emisi GRK pada domba meliputi CH_4 dari enterik fermentasi, CH_4 dan N_2O dari kotoran ternak. Estimasi emisi GRK dari domba menggunakan metode Tier 2 yang penghitungannya memerlukan tiga hal berikut.

1) Faktor emisi untuk CH_4 dari enterik fermentasi, khusus untuk domba spesifik lokal Indonesia. Faktor emisi dibedakan untuk tiap-tiap subkategori ternak (Tabel 5.5).
2) Faktor emisi untuk CH_4 dari kotoran domba, khusus untuk domba di Indonesia. Faktor emisi CH_4 untuk kotoran domba tiap-tiap subkategori disajikan pada Tabel 5.5.
3) Faktor emisi untuk N_2O dari kotoran domba. Emisi N_2O dari kotoran domba dihitung dengan menggunakan rumus yang dikeluarkan oleh IPCC (2006), tetapi dengan memasukkan unsur bobot badan domba lokal Indonesia dan populasinya.

Tabel 5.5 Nilai Faktor Emisi untuk CH_4 Enterik Fermentasi dan Kotoran Domba Spesifik Indonesia

Subkategori	FE enterik	FE kotoran
	kg CH_4/ekor/tahun	
Anak	1,3052	0,0079
Muda	4,3304	0,0465
Dewasa	5,2502	0,0752

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Emisi GRK dari ternak domba merupakan penggabungan dari tiga sumber GRK, yaitu gas CH_4 dari enterik fermentasi, CH_4 dari kotoran, dan N_2O dari kotoran domba. Ketiganya diestimasi dengan mengikuti panduan dari buku milik IPCC (2006).

C. ESTIMASI NILAI EMISI GAS CH_4 DAN N_2O DARI DOMBA

Emisi CH_4 dari enterik fermentasi untuk domba pada tiap-tiap subkategori/tahun dengan pendekatan metode Tier 2 untuk

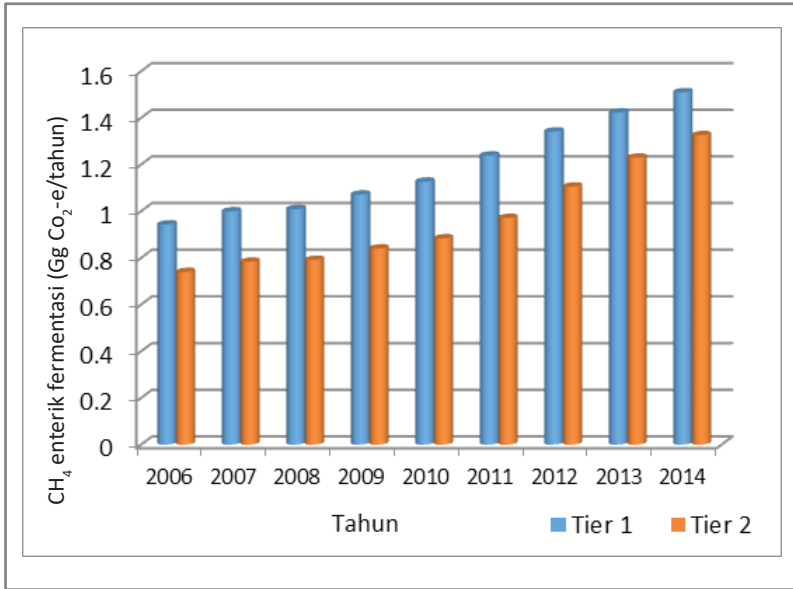
populasi domba dari tahun 2006 sampai tahun 2014 disajikan pada Tabel 5.6.

Emisi CH_4 enterik dari domba meningkat setiap tahun sejak 2006 sampai 2014. Hal ini dimungkinkan karena terjadi peningkatan populasi domba setiap tahun (lihat Tabel 5.3). Di antara ketiga subkategori, domba dewasa memberikan sumbangan gas CH_4 dari enterik yang paling besar. Domba dewasa berkontribusi sebesar 62,19% dari total emisi CH_4 enterik untuk ternak domba di Indonesia. Hal ini disebabkan karena proporsi subkategori domba dewasa merupakan bagian terbesar yaitu 46,44% dari total populasi domba, diikuti oleh subkategori anak sebesar 27,66% dari total populasi.

Tabel 5.6 Emisi Gas CH_4 Enterik Fermentasi dari Domba Tahun 2006–2014

Tahun	Emisi CH4 dari enterik fermentasi (Gg CO_2-e/tahun)			
	Anak	Muda	Dewasa	Total
2006	0,068	0,212	0,460	0,739
2007	0,072	0,224	0,487	0,783
2008	0,073	0,226	0,492	0,791
2009	0,077	0,240	0,522	0,840
2010	0,081	0,253	0,549	0,883
2011	0,089	0,278	0,604	0,971
2012	0,102	0,316	0,687	1,105
2013	0,113	0,352	0,764	1,229
2014	0,122	0,379	0,824	1,325

Domba menyumbangkan CH_4 enterik sebesar 5,93% dari total CH_4 enterik dari subsektor peternakan pada 2006 dan meningkat terus sejalan dengan peningkatan populasi domba. Oleh karena itu, pada 2014 kontribusi domba pada emisi CH_4 dari enterik sebesar 8,79% dari total emisi CH_4 enterik dari seluruh jenis ternak di Indonesia.

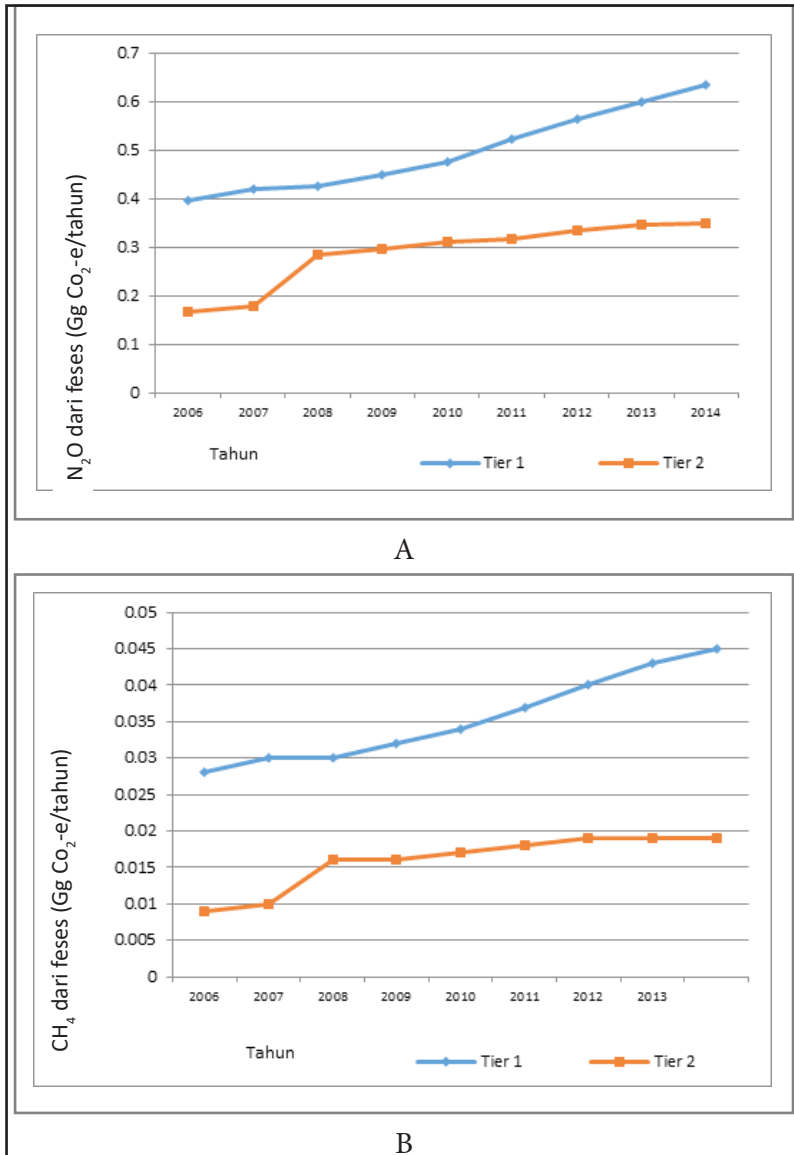
Perbandingan emisi CH_4 enterik dari domba yang diestimasi dengan menggunakan metode Tier 1 dan metode Tier 2 disajikan pada Gambar 5.1.

Gambar 5.1 Emisi gas CH_4 enterik yang diestimasi menggunakan metode Tier 1 dibandingkan dengan metode Tier 2.

Dari Gambar 5.1, terlihat bahwa estimasi emisi CH_4 enterik dari domba dengan menggunakan Tier 2 lebih rendah 12,2–21,6% sepanjang sembilan tahun (2006–2014) dibandingkan estimasi menggunakan metode Tier 1. Hal ini disebabkan faktor emisi yang digunakan dalam metode Tier 2 menggunakan faktor emisi untuk domba Indonesia yang nilainya diperoleh dari hasil penelitian di Indonesia. Sementara itu, pada metode Tier 1, faktor emisi yang digunakan berdasarkan faktor acuan dari IPCC (2006). Besaran faktor emisi acuan untuk enterik dari IPCC adalah 5 kg/ekor/tahun. Nilai ini digunakan untuk semua populasi domba, baik anak, muda, maupun dewasa. Sementara itu, metode Tier

2 menggunakan tiga faktor emisi yang berbeda untuk setiap kelompok domba anak, muda, dan dewasa (Tabel 5.5). Data emisi CH_4 dan N_2O dari kotoran domba sepanjang tahun 2006 sampai tahun 2014 yang diestimasi menggunakan metode Tier 2 disajikan pada Tabel 5.7.

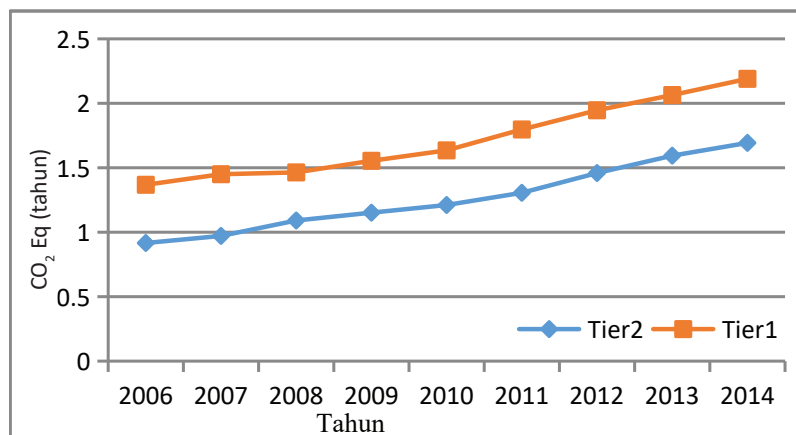
Tabel 5.7 Total emisi CH_4 dan N_2O dari kotoran domba sepanjang tahun 2006 sampai tahun 2014 diestimasi dengan menggunakan metode Tier 2.

Tahun	Jenis GRK (CO_2-e Gg/tahun)		
	CH_4 kotoran	N_2O kotoran	Total
2006	0,009	0,168	0,177
2007	0,010	0,178	0,188
2008	0,016	0,284	0,300
2009	0,016	0,296	0,312
2010	0,017	0,311	0,328
2011	0,018	0,317	0,335
2012	0,019	0,335	0,354
2013	0,019	0,346	0,365
2014	0,019	0,349	0,680

Sejalan dengan peningkatan populasi domba sejak tahun 2006 sampai tahun 2014, terjadi pula peningkatan emisi CH_4 dan N_2O yang berasal dari feses domba. Peningkatan emisi GRK dari feses tercatat rata-rata sebesar 0,0239 Gg CO_2-e/tahun. Gas rumah kaca yang dihasilkan dari feses yang berupa N_2O memberikan porsi yang lebih besar (94,8%) daripada CH_4 dari feses (5,2%). Seperti halnya dengan emisi CH_4 dari enterik, faktor emisi untuk CH_4 dari feses pada metode Tier 2 lebih rendah, yaitu 0,0079; 0,0465; dan 0,0752 kg/ekor/tahun untuk subkategori anak, muda, dan dewasa. Sementara itu, faktor emisi CH_4 untuk feses yang digunakan pada metode Tier 1 sama untuk semua level produksi, yaitu 0,15 kg/ekor/tahun (IPCC 2006).

Gambar 5.2 Perbandingan Gas CH_4 dan N_2O dari Kotoran Domba yang Diestimasi dengan Metode Tier 1 (A) dan Tier 2 (B)

Total emisi GRK dari domba merupakan akumulasi dari gas CH_4 enterik, CH_4 feses, dan N_2O dari feses, seperti yang disajikan pada Tabel 6.8, yang diestimasi dengan metode Tier 2.

Tabel 5.8 Total Emisi GRK dari Domba yang Diestimasi dengan Metode Tier 2

Tahun	Jenis GRK (CO_2-e Gg/tahun)			
	CH_4 enterik	CH_4 feses	N_2O feses	Total
2006	0,739	0,009	0,168	0,916
2007	0,783	0,010	0,178	0,971
2008	0,791	0,016	0,284	1,091
2009	0,839	0,016	0,296	1,152
2010	0,883	0,017	0,311	1,211
2011	0,971	0,018	0,317	1,306
2012	1,105	0,019	0,335	1,459
2013	1,229	0,019	0,346	1,594
2014	1,325	0,019	0,349	1,693

Gambar 5.3 Perbandingan Emisi GRK Total dari Domba yang Diestimasi Menggunakan Metode Tier 1 dan Tier 2

Sejalan dengan peningkatan populasi domba sejak tahun 2006 sampai 2014, terjadi pula peningkatan emisi GRK yang dikeluarkan oleh domba. Sementara itu, emisi GRK total dari domba yang diestimasi dengan Tier 2 pada Gambar 5.3 memperlihatkan bahwa jumlah emisi GRK yang dikeluarkan oleh domba sejak tahun 2006 sampai 2014 lebih rendah 22,69–33,01% dibandingkan metode Tier 1.

D. KESIMPULAN

Dapat disimpulkan bahwa metode Tier 2 yang mengakomodasi bobot badan domba lokal Indonesia, jenis pakan yang diberikan, dan membagi populasi domba berdasarkan level produksinya memberikan hasil hitungan emisi GRK dari domba yang lebih rendah 22,69–33,01% dibandingkan emisi yang diestimasi dengan menggunakan metode Tier 1, yang hanya menggunakan data populasi dan faktor acuan dari IPCC 2006.

DAFTAR PUSTAKA

Alfian, A., F. I. Hermansyah, E. Handayanta, Lutojo, dan W. P. S. Suprayogi. 2012. "Analisis Daya Tampung Ternak Ruminansia pada Musim kemarau di Daerah Pertanian Lahan Kering Kecamatan Semin Kabupaten Gunungkidul". *Tropical Animal Husbandry* 1: 33–42.

Badan Pusat Statistik (BPS). 2015. *Statistik Indonesia: Statistical Yearbook of Indonesia*. Jakarta: BPS.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH). 2015. *Statistik Peternakan 2015*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Keseatan Hewan, Kementerian Pertanian.

Indonesian Center for Animal Research and Development (ICARD). 2016. *National Greenhouse Gasses Inventory from Livestock*: *Using Tier 2* 2016. Jakarta: Kementerian Pertanian.

Immig, I. 1996. "The Rumen and Hindgut as Source of Ruminant Methanogenesis". *Environmental Monitoring and Assessment* 42: 57–72.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Diedit oleh H. S. Eggleston, K. Miwa, N. Srivastava, dan K. Tanabe. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). 2018. *Indonesia Second Biennial Update Report: Under the United Nation Framework Convention on Climate Change*. Jakarta: Direktorat Jenderal Perubahan Iklim, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan.

Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK). 2015. *Indonesia First Biennial Update Report (BUR): Under the United Nations Framework Convention on Climate Change.* Jakarta: Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Diakses dari https://unfccc.int/resource/docs/natc/idnbur1.pdf.

Kementerian Lingkungan Hidup (KLH). 2012. "Laporan Inventarisasi GRK Nasional". *National Communication and 1st Biennial Update Report*. Jakarta (Indonesia): Kementerian Lingkungan Hidup. Diakses dari http://unfccc.int>resources>docs>natc>idnbur.

McCrabb, G. J., dan R. A. Hunter. 1999. "Prediction of Methane Emissions from Beef Cattle in Tropical Production Systems". *Australian Journal of Agricultural Research* 50: 1335–1340.

Mills, J. A. N., E. Kebreab, C. M. Yates, L. A. Crompton, S. B. Cammell, M. S. Dhanoa, R. E. Agnew, dan J. France. 2003. "Alternative Approaches to Predicting Methane Emissions from Dairy Cows". *Journal of Animal Science* 81: 3141–3150.

National Research Council. 1985. *Nutrient Requirements of Sheep*. Washington: Academic Press.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan (Puslitbangnak). 2016. *National Green House Gasses Inventory from Livestock 2016: Using Tier 2*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kementerian Pertanian.

Widiawati, Y. 2013. "Estimation of Methane Emission from Enteric Fermentation and Manure Management of Domestic Livestock in Indonesia". Dalam Proceedings of the 5th Greenhouse Gasses and Animal Agriculture Conference 4, Part 2 (June): 443. Cambridge: Cambridge University Press. Diakses dari https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/8CE9B35EE62DB2092EAD3FC6B41B9CDE/S2040470013000101a.pdf/poster_presentations_monday.pdf.

BAB VI
KOMPARASI EMISI GAS RUMAH KACA DARI KAMBING DI INDONESIA ANTARA METODE TIER 1 DAN TIER 2 IPCC

Rantan Krisnan dan Simon P. Ginting

A. PENTINGNYA PENGUKURAN EMISI GAS RUMAH KACA (GRK) PADA KAMBING

Kambing adalah salah satu ternak ruminansia yang tidak asing lagi bagi masyarakat Indonesia. Populasinya terus bertambah setiap tahun. Produksi daging kambing di Indonesia tahun 2015 diperkirakan mencapai 65,9 ribu ton (Dirjen PKH 2015). Isu gas rumah kaca (GRK) mempunyai implikasi tersendiri terhadap sektor peternakan, terutama ternak ruminansia yang kerap dijadikan salah satu penyebab sekaligus penerima dampak dari efek GRK tersebut.

Pengukuran emisi GRK sangat diperlukan untuk memberikan data sejauh mana kontribusi sektor ini terhadap jumlah emisi secara nasional. Penggunaan metode pengukuran sangat menentukan validitas data yang dihasilkan. Metode Tier 1 IPCC mengukur emisi berdasarkan jumlah populasi ternak dengan faktor emisi (FE) yang disarankan oleh IPCC untuk wilayah Asia. Hasilnya

diduga belum dapat menggambarkan kondisi peternakan yang sesungguhnya di Indonesia. Oleh karena itu, perlu dilakukan perbaikan estimasi dengan menggunakan metode Tier 2 IPCC, yang di dalamnya sudah mencakup perbedaan status fisiologis, bobot badan, dan kondisi pakan ternak. Metode Tier 2 IPCC ini dapat meningkatkan akurasi dalam mengestimasi emisi GRK yang lebih mendekati kondisi sebenarnya karena berdasarkan spesifik lokasi di Indonesia.

Komparasi metode Tier 1 dan Tier 2 IPCC tersebut diharapkan akan menghasilkan data yang berbeda yang dapat digunakan sebagai rekomendasi terhadap kontribusi GRK dari ternak kambing. Oleh karena itu, topik ini menarik untuk dibahas.

B. POPULASI KAMBING DAN FAKTOR EMISI

Emisi GRK yang berasal dari kambing meliputi emisi metana (CH_4) dari enterik fermentasi (enterik) dan emisi CH_4 dan dinitro oksida (N_2O) dari pengelolaan kotoran. Total emisi dari kambing dapat diestimasi dengan mengacu kepada buku panduan IPCC (2006), baik dengan metode Tier 1 maupun Tier 2. Kedua metode tersebut sangat dipengaruhi oleh dua variabel penting, yaitu populasi ternak dan faktor emisi (FE). Namun, populasi yang digunakan pada metode Tier 1 adalah populasi total dari kambing tanpa mengarakterisasi status fisiologis maupun status produksinya. Semua ternak dianggap sebagai satu unit ternak dewasa. Sementara itu, nilai FE yang digunakan adalah data yang disarankan oleh IPCC untuk wilayah Asia (IPCC 2006).

Berbeda dengan metode Tier 1 IPCC, populasi yang digunakan pada metode Tier 2 IPCC dikelompokkan berdasarkan status produksi (status fisiologis). Dasar pengelompokan berhubungan erat dengan umur dan bobot badan ternak yang juga berkorelasi dengan jumlah pakan yang dikonsumsi. Faktor

emisi yang digunakan pada Tier 2 IPCC lebih mengakomodasi kondisi spesifik lokasi.

Persentase pengelompokan kambing berdasarkan umur dan status produksi menggunakan data survei rumah tangga peternakan nasional BPS dan Ditjen PKH seperti tersaji pada Tabel 6.1.

Tabel 6.1 Komposisi Kategori Pengelompokan Kambing

Kategori	Jenis kelamin	Bobot badan (kg)	Komposisi (%)
Anak	Jantan + betina	8	27,12
Muda	Jantan + betina	20	26,90
Dewasa	Jantan + betina	25	45,98

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Data populasi kambing tahun 2006–2014 bersumber pada statistik peternakan dan kesehatan hewan (Ditjen PKH 2015) yang tersaji pada Tabel 6.2.

Tabel 6.2 Populasi Kambing di Indonesia Tahun 2006–2014

Tahun	Populasi kambing (000) (ekor)			
	Anak	Muda	Dewasa	Total
2006	3.740	3.709	6.341	13.790
2007	3.924	3.892	6.653	14.470
2008	4.108	4.075	6.965	15.147
2009	4.289	4.254	7.272	15.815
2010	4.507	4.471	7.642	16.620
2011	4.596	4.559	7.792	16.946
2012	4.856	4.817	8.233	17.906
2013	5.017	4.977	8.506	18.500
2014	5.055	5.014	8.571	18.640

Sumber: Ditjen PKH (2015)

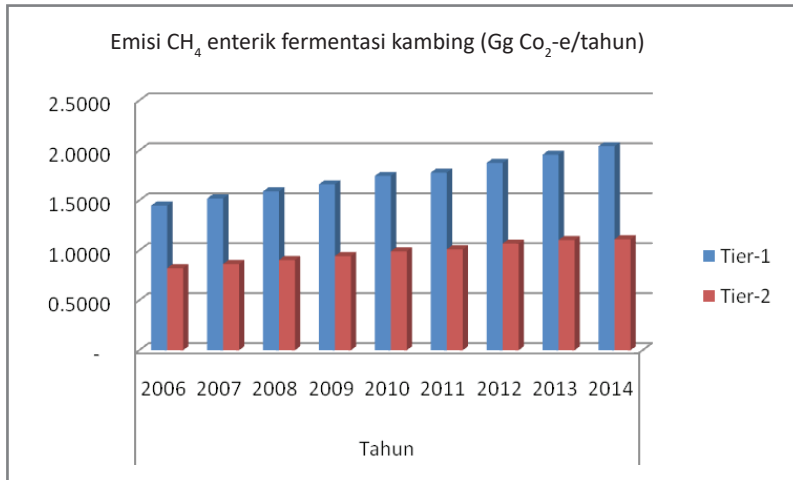
Nilai FE yang digunakan pada metode Tier 1 IPCC menggunakan faktor acuan yang ada di IPCC (2006), sedangkan nilai FE pada metode Tier 2 IPCC merupakan hasil penghitungan dari konsumsi dan kecernaan pakan yang menggambarkan kondisi spesifik lokasi di Indonesia (Puslitbangnak 2016). Nilai FE untuk gas CH_4 dari enterik dan pengelolaan kotoran kambing disajikan pada Tabel 6.3.

Tabel 6.3 Faktor Emisi untuk Kambing Spesifik Lokasi di Indonesia

Faktor emisi	Faktor acuan Tier 1 IPCC	Tier 2		
		Anak	Muda	Dewasa
Enterik fermentasi	5	2,2962	2,6482	3,2705
Pengelolaan kotoran	-	0,0252	0,0170	0,0295

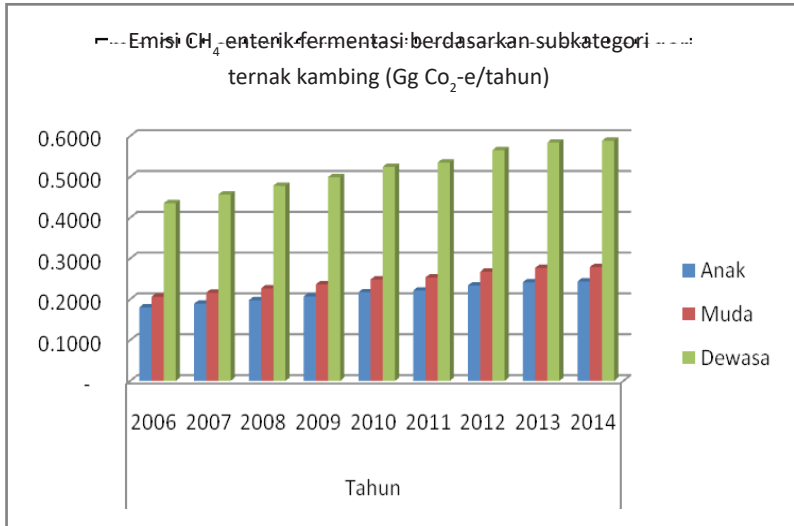
Sumber: Puslitbangnak (2016)

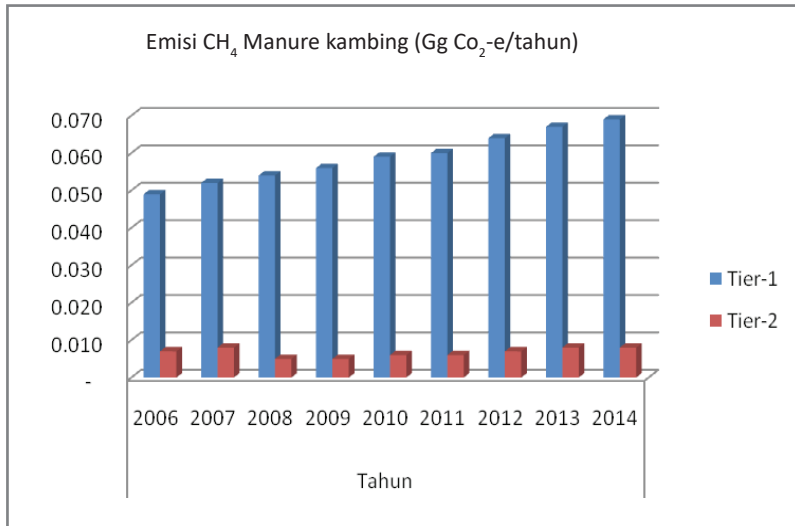
C. KONTRIBUSI NILAI EMISI GAS CH_4 DAN N_2O DARI KAMBING

Kontribusi emisi GRK dari kambing berasal dari tiga sumber, yaitu produksi gas CH_4 yang berasal dari fermentasi enterik serta produksi gas CH_4 dan N_2O yang berasal dari pengelolaan kotoran. Gas CH_4 dari enterik fermentasi dihasilkan dari proses pencernaan pakan yang mengandung serat (NDF). Peningkatan produksi gas CH_4 sejalan dengan peningkatan kandungan serat kasar atau NDF pakan. Hal ini akan berdampak pada produksi ternak karena jumlah gas CH_4 yang dihasilkan selama proses pencernaan merupakan indikator jumlah energi pakan yang terbuang dan tidak termanfaatkan oleh ternak. Semakin besar gas CH_4 yang dihasilkan, semakin rendah produktivitas ternak. Berikut adalah jumlah emisi CH_4 enterik fermentasi kambing yang diestimasi dengan metode Tier 2 IPCC.

Gambar 6.1 Emisi CH_4 Enterik Fermentasi Kambing di Indonesia yang Diestimasi dengan Metode Tier 1 dan Tier 2 IPCC

Data pada Gambar 6.1 menunjukkan peningkatan produksi emisi CH_4 enterik setiap tahun. Hal ini tentunya sejalan dengan jumlah populasi kambing yang cenderung terus bertambah. Selain itu, terjadi perbedaan yang cukup nyata antara hasil dari metode Tier 1 dan Tier 2 IPCC. Perbedaan hasil ini disebabkan metode Tier 1 masih menggunakan total populasi kambing dan tidak membagi populasi tersebut berdasarkan status produksi.

Menurut Haryanto dan Thalib (2009), gas CH_4 yang dihasilkan dari proses fermentasi pakan oleh mikrob dalam ternak ruminansia dipengaruhi oleh berbagai faktor, yaitu jenis ternak, tipe ternak, kualitas pakan, suhu lingkungan, dan status fisiologis ternak. Energi pakan yang diubah menjadi gas CH_4 yang dihasilkan selama proses fermentasi di dalam rumen dapat mencapai angka 2–15% dari total energi pakan yang dikonsumsi ternak. Dalam sistem pencernaan rumen, senyawa-senyawa organik bahan pakan yang difermentasi oleh mikrob rumen

menghasilkan asam-asam lemak mudah terbang (*volatile fatty acids*/VFA), karbon dioksida (CO_2), hidrogen (H_2), dan amonia (NH_3).

Gambar 6.2 Emisi CH_4 Enterik Berdasarkan Subkategori Kambing di Indonesia

Berdasarkan data pada Gambar 6.3, proporsi emisi yang dikeluarkan selama proses pengelolaan kotoran memang jauh lebih rendah dibandingkan yang dikeluarkan melalui fermentasi enterik. Murray dkk. (1976) dalam Thalib, Widiawati, dan Haryanto (2010) melaporkan bahwa melalui proses metanogenesis oleh adanya bakteri metanogenik, CO_2 direduksi dengan H_2 membentuk CH_4, dan gas CH_4 yang terbentuk keluar melalui eruktasi 83%, pernapasan 16%, dan anus 1%.

Gambar 6.3 Emisi CH_4 dari Pengelolaan Kotoran Kambing di Indonesia

Dengan metode Tier 1 IPCC, data emisi CH_4 dari pengelolaan kotoran pada tahun 2014 adalah 0,069 Gg CO_2-e/tahun atau 3,38% dari emisi CH_4 yang berasal dari enterik. Sementara itu, hasil perhitungan Tier 2 IPCC terlihat persentase yang lebih kecil, yaitu hanya 0,72% emisi CH_4 dari pengelolaan kotoran dibandingkan yang berasal dari enterik fermentasi kambing tahun 2014. Terjadi penurunan emisi CH_4 dari pengelolaan kotoran kambing hasil estimasi dengan metode Tier 2 IPCC dibandingkan metode Tier 1 IPCC pada setiap tahun.

Selain emisi CH_4, emisi lain yang bersumber dari pengelolaan kotoran kambing adalah N_2O. Kontribusi emisi N_2O dari pengelolaan kotoran diketahui lebih tinggi dibandingkan emisi CH4 dari pengelolaan kotoran seperti tersaji pada Tabel 6.4.

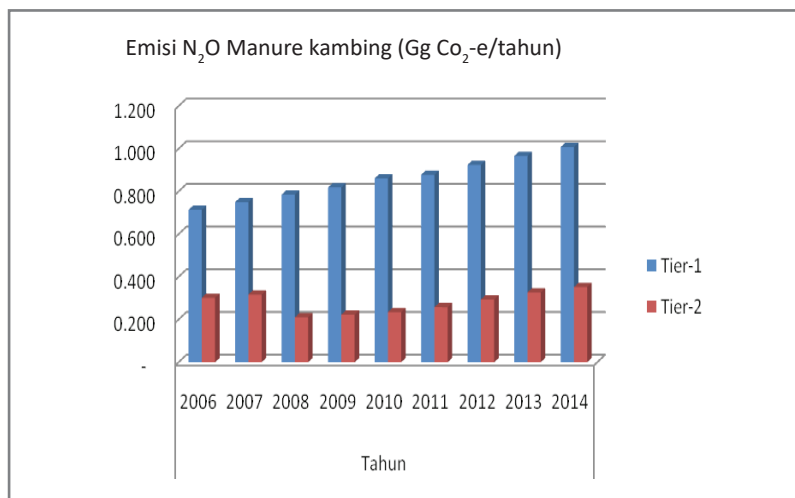
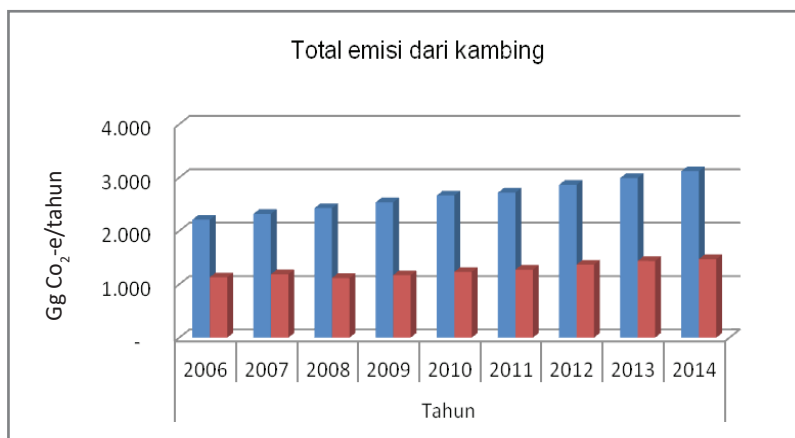
Tabel 6.4 Perbandingan Emisi CH_4 dengan N_2O dari Pengelolaan Kotoran Kambing di Indonesia

Tahun	Kontribusi emisi (Gg CO_2-e/tahun)			
	Tier 1		Tier 2	
	CH_4	N_2O	CH_4	N_2O
2006	0,049	0,714	0,007	0,302
2007	0,052	0,750	0,008	0,317
2008	0,054	0,785	0,005	0,210
2009	0,056	0,819	0,005	0,223
2010	0,059	0,861	0,006	0,235
2011	0,060	0,878	0,006	0,258
2012	0,064	0,925	0,007	0,294
2013	0,067	0,966	0,008	0,327
2014	0,069	1,008	0,008	0,352

Kisaran emisi CH_4 dari pengelolaan kotoran kambing adalah 0,049–0,069 Gg CO_2-e/tahun (Tier 1) atau 0,005–0,008 Gg CO_2-e/tahun (Tier 2), sedangkan emisi N_2O dari pengelolaan kotoran kambing berkisar dari 0,714–1,008 Gg CO_2-e/tahun (Tier 1) atau 0,210–0,352 Gg CO_2-e/tahun (Tier 2). Secara umum, hasil dari kedua metode ini menunjukkan bahwa emisi N_2O dari pengelolaan kotoran lebih tinggi dibandingkan emisi CH_4 dari pengelolaan kotoran.

Tren emisi N_2O kotoran setiap tahunnya hampir sama dengan tren emisi CH_4 kotoran, yaitu terus meningkat berdasarkan Tier 1, tetapi mengalami penurunan pada 2008 berdasarkan Tier 2, seperti terlihat pada Gambar 6.4. Total emisi GRK yang berasal dari kambing merupakan gabungan dari emisi CH_4 enterik fermentasi dengan emisi yang berasal dari pengelolaan kotoran berupa CH_4 dan N_2O (Gambar 6.5).

Dengan metode Tier 1 IPCC, terlihat total emisi dari kambing terus mengalami kenaikan setiap tahun, sedangkan metode Tier 2 menunjukkan peningkatan total emisi dari kambing mulai

terlihat pada 2010. Data tahun 2014 memperlihatkan total emisi GRK dari kambing mencapai 3,1 Gg CO_2-e/tahun (Tier 1) atau 1,4 Gg CO_2-e/tahun (Tier 2).

Gambar 6.4 Emisi N_2O dari Kotoran Kambing di Indonesia

Gambar 6.5 Total Emisi GRK dari Kambing di Indonesia

Pada metode Tier 2 terdapat pengelompokan ternak (subkategori) berdasarkan umur, bobot badan, dan status produksi. Parameter tersebut berkaitan erat dengan kemampuan ternak dalam mengonsumsi dan mencerna bahan pakan. Ternak muda atau anak kambing mengonsumsi bahan organik pakan lebih sedikit dibandingkan ternak dewasa sehingga peluang menghasilkan gas CH_4 juga lebih sedikit. Umur ternak juga berkorelasi dengan bobot badan ternak. Sampai batas tertentu, semakin tua umur ternak semakin bertambah bobot badannya. Apabila produksi gas CH_4 berkorelasi signifikan dengan bobot badan ternak, emisi gas CH_4 dapat diprediksi berdasarkan bobot badan ternak (Haryanto dan Thalib 2009)

Penelitian Rapetti dkk. (2001) pada kambing perah Saanen selama periode laktasi melaporkan bahwa produksi gas CH_4 dapat bervariasi dari 3,3–5,5% dari konsumsi energi bruto pada jenis/bangsa ternak yang berbeda. Perbedaan status fisiologis dilaporkan juga oleh Hattan dkk. (2001) bahwa ternak laktasi menghasilkan gas CH_4 yang semakin rendah dengan semakin meningkatnya umur laktasi. Hal ini mungkin berkaitan dengan konsumsi pakan yang semakin menurun karena induk ternak dalam kondisi bunting.

Lebih lanjut, Mc Leod dkk. (2001) melaporkan bahwa suplementasi pakan aditif dapat memengaruhi proses pencernaan pakan di dalam rumen sehingga penambahan sumber karbohidrat yang mudah terhidrolisis di tempat yang berbeda, yaitu di rumen dan abomasum, menyebabkan produksi gas CH_4 yang berbeda pula.

Perbedaan hasil antara metode Tier 1 dan Tier 2 IPCC membuktikan bahwa dengan memasukkan variabel yang spesifik lokasi, seperti jenis pakan dan bobot badan kambing, hasilnya akan lebih akurat. Rekomendasi hasil merupakan hal yang penting karena akan digunakan sebagai bahan pertimbangan

untuk pengembangan subsektor peternakan ke depan yang lebih efesien, menguntungkan, dan ramah lingkungan.

D. KESIMPULAN

Perbandingan hasil estimasi GRK antara metode Tier 1 dan Tier 2 IPCC yang berasal dari kambing menunjukkan perbedaan pada emisi GRK CH_4 yang berasal dari fermentasi enterik maupun gas CH_4 dan N_2O dari kotoran. Tier 1 menghasilkan total emisi GRK 3,1 Gg CO_2-e/tahun jauh lebih besar dibandingkan hasil Tier 2 yang hanya 1,4 Gg CO_2-e/tahun.

DAFTAR PUSTAKA

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Dirjen PKH). 2015. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan Tahun 2015*. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian.

Haryanto, B., dan A. Thalib. 2009. "Emisi Metana dari Fermentasi Enterik: Kontribusinya secara Nasional". *Wartazoa* 19: 157–165.

Hattan, A. J., D. E. Beever, S. B. Cammell, dan J. D. Sutton. 2001. "Energy Metabolism in High Yielding Dairy Cows during Early Lactation". Dalam *Energy Metabolism in Animals*, 325–328. Snekkersten (Denmark): EAAP Publication.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Diedit oleh H. S. Eggleston, K. Miwa, N. Srivastava, dan K. Tanabe. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Mc Leod, K. R., R. L. Baldwin, Vi, D. L. Harmon, C. J. Richards, dan W. V. Rumpler. 2001. "Influence of Ruminal and Postruminal Starch Infusion on Energy Balance in Growing Steers". Dalam *Energy Metabolism in Animals*, 103: 385–388. Snekkersten (Denmark): EAAP publication.

Murray, R. M., A. M. Bryant, dan R. A. Leng. 1976. "Rates of Production of Methane in the Rumen and Large Intestine of Sheep". *Br. J. Nutr.* 36: 1–14.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan (Puslitbangnak). 2016. *National Green House Gasses Inventory from Livestock 2016: Using Tier 2*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kementerian Pertanian.

Rapetti, L., L. Bava, G. M. Crovetto, dan A. Sandrucci. 2001. "Energy Utilization of a Non-forage Diet throughout Lactation in Dairy Goats". Dalam *Energy Metabolism in Animals*, 349–352. Snekkersten (Denmark): EAAP Publication.

Thalib, A., Y. Widiawati, B. Haryanto. 2010. "Penggunaan *Complete Rumen Modifier* (CRM) pada Ternak Domba yang Diberi Hijauan Pakan Berserat Tinggi". *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 15: 97–104.

BAB VII
KONTRIBUSI KUDA TERHADAP GAS RUMAH KACA DI INDONESIA

Mohamad Ikhsan, Iif Syarifah, dan Bayu Artha Ramadhan

A. TERNAK KUDA PENYUMBANG EMISI GRK DI INDONESIA

Ternak ruminansia dapat mengonversi pakan hijauan untuk menghasilkan sumber pangan bernilai gizi tinggi, seperti daging dan susu. Produk lain berupa nonpangan dari ternak ruminansia adalah kulit dan bulu. Di samping itu, ternak ruminansia juga menghasilkan gas metana (CH_4) yang berkontribusi terhadap akumulasi gas rumah kaca (GRK) di atmosfer yang berdampak pada pemanasan global (Jayanegara dkk. 2009). Produksi CH_4 dari ternak ruminansia berkontribusi sekitar 95% dari total emisi CH_4 yang dihasilkan oleh ternak dan manusia dan sekitar 18% dari total GRK di atmosfer (Jayanegara dkk. 2009).

Emisi CH_4 ini tidak hanya terkait dengan masalah lingkungan, tetapi juga merefleksikan hilangnya sebagian energi dari ternak sehingga tidak dapat dimanfaatkan untuk proses produksi. Sekitar 6–10% dari energi bruto pakan yang dikonsumsi ternak ruminansia hilang sebagai CH_4 (Jayanegara dkk. 2009). Berdasarkan hal

tersebut, pengembangan strategi pemberian pakan yang dapat mereduksi emisi CH_4 ternak ruminansia akan bermanfaat, baik jangka panjang dalam mengurangi laju akumulasi GRK maupun jangka pendek dalam mengurangi kehilangan energi pada ternak.

Dampak lingkungan dan sosial dengan adanya mitigasi terhadap emisi GRK, antara lain dapat berupa peningkatan kesehatan lingkungan, substitusi pupuk buatan, reduksi deforestasi hutan, dan reklamasi tanah. Di samping itu, reduksi CO_2, CH_4 and N_2O dapat dilakukan dengan memanfaatkan teknologi biogas untuk mengurangi limbah organik yang berpengaruh negatif pada lingkungan jika dibuang tanpa pengendalian (Herawati 2012). Kontributor emisi CH_4 di Indonesia tertinggi pada subsektor peternakan adalah sapi potong, yaitu sebesar 65,12% dari emisi ternak ruminansia atau sebesar 58,84% dari total emisi CH_4 seluruh komoditas ternak (Widiawati 2013).

Kuda merupakan salah satu ternak yang mengalami penurunan populasi. Penurunan ini terjadi karena fungsi kuda sebagai alat transportasi telah banyak digantikan oleh kendaraan bermotor, selain tingginya angka pemotongan kuda sebagai sumber pangan. Angka pemotongan kuda sebagai sumber daging di Indonesia cukup tinggi (Mansyur, Tanuwira, dan Rusmana 2006). Peranan kuda di masyarakat, antara lain sebagai sumber pangan, alat transportasi, olah raga atau rekreasi, pertanian, dan perang.

Kuda termasuk ke dalam golongan ternak herbivora non-ruminansia grup *colon fermentor*. Dalam hal ini, proses fermentasi mikrob dilakukan di usus besar. Makanan yang tahan dari penghancuran di usus kecil, terutama serat, masuk ke usus besar untuk difermentasi oleh mikrob. Prosesnya hampir sama seperti di rumen pada ternak ruminansia (Mansyur, Tanuwiria, dan Rusmana 2006).

Jumlah populasi kuda lebih rendah dibandingkan ternak lainnya sehingga jumlah kotorannya pun lebih sedikit. Pupuk kandang (pukan) kuda banyak digunakan oleh petani sekitar peternakan. Sebelum digunakan, kotoran kuda dimasukkan ke dalam lubang dan dibiarkan terdekomposisi secara alami, kemudian digunakan untuk pertanian. Dibandingkan kotoran sapi, kotoran kuda mempunyai rasio C/N lebih rendah. Rendahnya rasio C/N ini berkaitan dengan jenis pakan, misalnya, dedak. Hasil analisis pakan kuda ternyata banyak mengandung hara Mg (Hartatik dan Widowati 2006).

Estimasi emisi GRK di Indonesia untuk kuda masih menggunakan metode Tier 1 IPCC dengan nilai acuan faktor emisi (FE) dari IPCC 2006 untuk wilayah Asia atau negara berkembang. Nilai FE yang disarankan oleh IPCC 2006 untuk wilayah Asia tampaknya tidak menggambarkan yang sesungguhnya, atau cenderung lebih tinggi daripada kondisi sesungguhnya di Indonesia (Widiawati 2013). Pengkajian dan analisis telah dilakukan terhadap data konsumsi dan jenis pakan yang diberikan pada kuda.

Penulisan ini berkaitan dengan perbandingan hasil estimasi emisi GRK yang dikeluarkan oleh kuda dengan menggunakan metode Tier 2 dan Tier 1 IPCC.

B. KONTRIBUSI EMISI CH_4 DAN N_2O DARI KUDA

Pada sistem estimasi emisi GRK dengan menggunakan metode Tier 1 IPCC, tidak terdapat pembagian ternak berdasarkan subkategori. Semua ternak dikategorikan menjadi satu unit ternak, yaitu sebagai ternak dewasa. Pada kenyataan di lapangan, tidak semua kuda berada pada status produksi dewasa. Oleh karena itu, pada metode Tier 2 IPCC dilakukan pengelompokan ternak berdasarkan status produksinya, yaitu tiga kelompok produksi anak, muda, dan dewasa/produksi. Pengelompokan ternak berdasarkan subkategori untuk kuda disajikan pada Tabel 7.1.

Pengelompokan ternak pada Tabel 7.1 didasarkan pada bobot badan yang berkaitan sangat erat dengan jenis dan jumlah pakan yang dikonsumsi. Produksi gas CH_4 dari proses pencernaan (enterik) sangat dipengaruhi oleh jenis dan jumlah pakan yang dikonsumsi.

Tabel 7.1 Pengelompokan Kuda berdasarkan Subkategori

Subkategori	Umur (tahun)	Bobot badan (kg)
Anak	<1	200
Muda	1–2	350
Dewasa	>2	500

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Penentuan komposisi (persentase) dari tiap-tiap subkategori menggunakan data hasil sensus langsung ke lapangan yang dilakukan oleh Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH) tahun 2011 dan dipublikasikan dalam statistik Ditjen PKH tahun 2012. Komposisi untuk setiap level produksi kuda berdasarkan hasil sensus tersebut disajikan pada Tabel 7.2.

Table 7.2 Komposisi Kuda berdasarkan Subkategori

Subkategori	Jenis kelamin	Komposisi (%)
Anak	Jantan + betina	18,82
Muda	Jantan + betina	22,62
Dewasa	Jantan + betina	58,56

Sumber: Ditjen PKH (2015)

Populasi total kuda berasal dari data statistik peternakan Indonesia dari tahun 2006–2014 (BPS 2015), seperti disajikan pada Tabel 7.3.

Tabel 7.3 Populasi Kuda di Indonesia Tahun 2006–2014

Tahun	Populasi (ekor)
2006	397.642
2007	401.081
2008	392.864
2009	398.758
2010	418.618
2011	408.665
2012	437.383
2013	434.208
2014	428.000

Sumber: BPS (2015)

Berdasarkan data komposisi kuda menurut subkategori (Tabel 7.2) dan data populasi total (Tabel 7.3), dapat diketahui populasi kuda untuk setiap subkategori, seperti yang disajikan pada Tabel 7.4.

Tabel 7.4 Populasi Kuda untuk Tiap-tiap Subkategori

Tahun	Subkategori		
	Anak	Muda	Dewasa
2006	74.836	89.947	232.859
2007	75.483	90.725	234.873
2008	73.937	88.866	230.061
2009	75.046	90.199	233.513
2010	78.784	94.691	245.143
2011	76.911	92.44	239.314
2012	82.315	98.936	256.132
2013	81.718	98.218	254.272
2014	80.55	96.814	250.637

Emisi GRK pada kuda meliputi emisi CH_4 dari enterik serta emisi CH_4 dan N_2O dari pengelolaan kotoran ternak. Estimasi emisi GRK dari kuda dengan menggunakan metode Tier 2 IPCC memerlukan beberapa faktor sebagai berikut.

1) Faktor emisi untuk CH_4 enterik. Pada kegiatan ini, FE yang digunakan khusus untuk kuda di Indonesia. Nilai FE untuk enterik dari kuda spesifik lokasi Indonesia telah tersedia untuk setiap subkategori *(*Tabel 7.5).
2) Nilai FE untuk CH_4 dari pengelolaan kotoran digunakan FE khusus untuk kuda di Indonesia untuk tiap-tiap subkategori (Tabel 7.5).
3) Faktor emisi untuk N_2O dari kotoran kuda. Emisi N_2O dari kotoran kuda menggunakan rumus yang dikeluarkan oleh IPCC (2006) dengan memasukkan unsur bobot badan ternak dan populasinya.

Tabel 7.5 Nilai FE CH_4 untuk Enterik dan FE CH_4 Pengelolaan Kotoran Kuda Spesifik Indonesia

Subkategori	FE CH_4 enterik	FE pengelolaan kotoran
	kg CH4/ekor/tahun	
Anak	25,9888	0,5967
Muda	53,2693	2,5071
Dewasa	74,8457	4,9494

Estimasi emisi GRK dari kuda merupakan penjumlahan dari tiga sumber GRK, yaitu CH_4 dari enterik, CH_4 dan N_2O dari pengelolaan kotoran kuda.

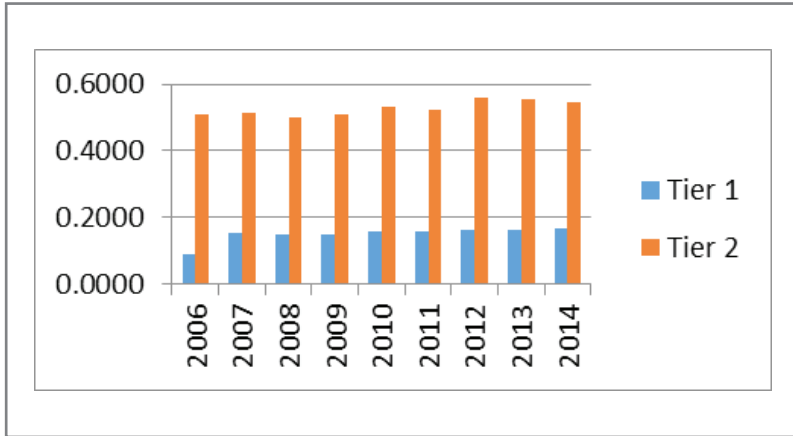
C. ESTIMASI NILAI EMISI GAS CH_4 DAN N_2O DARI KUDA

Terdapat fluktuasi dari estimasi emisi CH_4 enterik dari kuda pada tiap-tiap subkategori per tahun dengan menggunakan metode Tier 2 IPCC sejak tahun 2006 sampai tahun 2014. Fluktuasi emisi CH_4 ini dipengaruhi oleh populasi kuda setiap tahunnya. Di

antara ketiga subkategori tahun 2014, kuda dewasa memberikan sumbangan gas CH_4 dari enterik yang paling besar. Kuda dewasa berkontribusi sebesar 72,12% dari total emisi CH_4 enterik ternak kuda di Indonesia. Kuda muda berkontribusi sebesar 19,83% dan kuda anak 8,05%. Data lengkap emisi CH_4 enterik dari kuda sepanjang tahun 2006–2014 disajikan pada Tabel 7.6.

Berdasarkan Gambar 7.1, estimasi emisi CH_4 enterik dari kuda dengan menggunakan Tier 2 IPCC lebih tinggi dibandingkan yang diestimasi dengan menggunakan metode Tier 1 IPCC. Pada metode Tier 1, FE yang digunakan berdasarkan faktor acuan dari IPCC (2006). Besaran nilai acuan FE CH_4 enterik dari IPCC sama untuk semua kategori umur kuda. Sementara itu, metode Tier 2 IPCC menggunakan tiga FE yang berbeda untuk tiap-tiap subkategori kuda anak, muda, dan dewasa. Nilai FE Tier 2 untuk kuda Indonesia diperoleh dari hasil penelitian di Indonesia.

Tabel 7.6 Emisi Gas CH_4 Enterik dari Kuda Tahun 2006–2014

Tahun	Emisi CH_4 enterik (Gg CO2-e/tahun)			
	Anak	Muda	Dewasa	Total
2006	0,0408	0,1006	0,3660	0,5075
2007	0,0412	0,1015	0,3692	0,5118
2008	0,0404	0,0994	0,3616	0,5014
2009	0,0410	0,1009	0,3670	0,5089
2010	0,0430	0,1059	0,3853	0,5342
2011	0,0420	0,1034	0,3761	0,5215
2012	0,0449	0,1107	0,4026	0,5582
2013	0,0446	0,1099	0,3997	0,5541
2014	0,0440	0,1083	0,3939	0,5462

Gambar 7.1 Estimasi emisi gas CH_4 enterik metode Tier 1 dibandingkan metode Tier 2 IPCC.

Di Indonesia, pupuk kandang yang umum digunakan berasal dari kotoran sapi, kerbau, kambing, kuda, ayam, dan kotoran babi di daerah tertentu. Ternak sapi atau kerbau atau kuda dewasa diasumsikan dapat memproduksi kotoran rata-rata seberat 3 kg hari; kambing atau domba sekitar 1 kg hari; dan ayam menyumbangkan kotoran sekitar 200 g hari (Hartatik dan Widowati 2006).

Menurut Windyasmara, Pertiwiningrum, dan Yusiati (2012), feses kuda mengandung hemiselulosa sebesar 23,5%, selulosa 27,5%, lignin 14,2%, nitrogen 2,29%, fosfat 1,25%, dan kalium sebesar 1,38%. Estimasi emisi gas CH_4 dan N_2O dari pengelolaan kotoran dengan metode Tier 2 dapat dilihat dalam Tabel 7.7. Estimasi emisi gas CH_4 dan N_2O dari pengelolaan kotoran kuda dengan metode Tier 1 menunjukkan hasil lebih tinggi dibandingkan Tier 2 IPCC, seperti ditunjukkan pada Gambar 7.2.

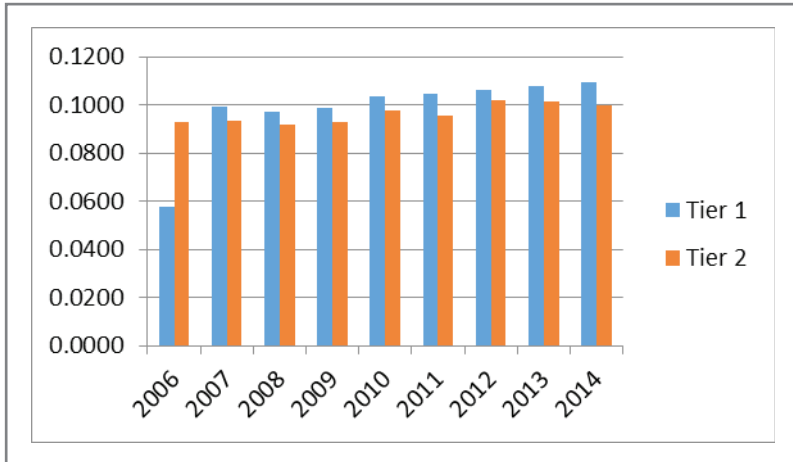
Tabel 7.7 Emisi Gas CH_4 dan N_2O dari Pengelolaan Kuda Tahun 2006–2014

Tahun	Kontribusi emisi (Gg CO_2-e/th)		
	CH_4	N_2O	Total
2006	0,0299	0,0630	0,0928
2007	0,0301	0,0635	0,0936
2008	0,0295	0,0622	0,0917
2009	0,0300	0,0631	0,0931
2010	0,0315	0,0663	0,0977
2011	0,0307	0,0647	0,0954
2012	0,0329	0,0692	0,1021
2013	0,0326	0,0687	0,1014
2014	0,0322	0,3490	0,3680

Perbedaan sistem pencernaan antara sapi dan kuda mengakibatkan kandungan bahan organik dalam feses kuda lebih tinggi daripada bahan organik dalam feses sapi. Feses kuda mengandung BK lebih tinggi, yaitu 96,47% daripada BK pada feses sapi (92,12%). Feses kuda mempunyai rasio C/N yang lebih tinggi, yaitu sebesar 25,1, sedangkan feses sapi mempunyai rasio C/N sebesar 23,5 (Windyasmara dkk. 2012).

Tanin berpengaruh terhadap feses kuda karena fesesnya lebih peka terhadap bahan yang mengandung tanin, sedangkan feses sapi tidak mempunyai pengaruh yang nyata karena fesesnya lebih toleran terhadap tanin karena pakannya banyak terdiri dari daun-daunan (Windyasmara dkk. 2012).

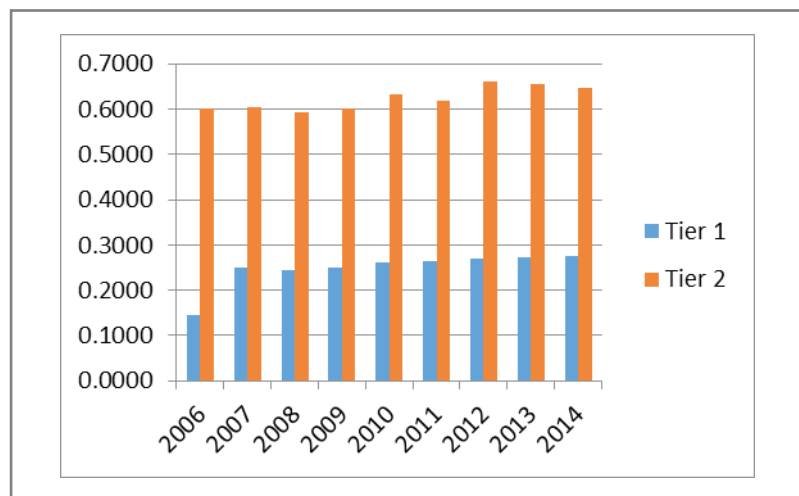
Menurut Mende dkk. (2015), substrat dalam kotoran kuda mengandung bakteri pembentuk CH_4 yang juga terdapat dalam tubuh hewan seperti kerbau, sapi, rusa, domba, kambing, dan hewan lain. Kotoran kuda mempunyai kandungan karbon dan nitrogen yang lebih tinggi daripada kandungan karbon dan nitrogen pada kotoran sapi yang merupakan sumber energi bagi mikroorganisme (Darmanto, Soeparman, dan Widhiyanuriawan 2012).

Total emisi GRK yang dihasilkan kuda ditampilkan dalam Tabel 7.8. Berdasarkan Gambar 7.3, terlihat bahwa hasil penghitungan Tier 2 menunjukkan emisi yang lebih besar dibandingkan Tier 1 IPCC. Hal ini tidak terlepas dari penggunaan kuda sebagai kuda pacu dan metode pemberian pakannya.

Gambar 7.2 Estimasi emisi gas CH_4 dan N_2O dari pengelolaan kotoran kuda dengan metode Tier 1 dibandingkan Tier 2 IPCC.

Menurut Mende dkk. (2015), manajemen pemeliharaan kuda pacu, termasuk manajemen pemberian pakan di Indonesia, sebagian besar masih mengacu pada pemberian pakan yang dilakukan oleh negara-negara maju. Hal ini disebabkan kebiasaan secara turun-temurun serta faktor gengsi para peternak kuda sehingga peternak kuda lebih mengandalkan bahan baku pakan impor. Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki cukup persediaan bahan baku pakan lokal berupa biji-bijian dan hijauan sebagai sumber pakan kuda. Melihat tujuan produksi kuda untuk kemampuan kerja baik saat dipacu maupun menarik beban, serta bentuk atau postur tubuh yang ideal dan tampak

indah waktu diperlombakan, tentunya faktor yang sangat penting diperhatikan adalah pakan, khususnya zat-zat makanan.

Tabel 7.8 Emisi GRK Kuda Tahun 2006–2014

Tahun	Kontribusi emisi (Gg CO_2-e/tahun)		
	Emisi enterik	Total emisi kotoran	Total emisi GRK
2006	0,5075	0,0928	0,6003
2007	0,5118	0,0936	0,6055
2008	0,5014	0,0917	0,5931
2009	0,5089	0,0931	0,6020
2010	0,5342	0,0977	0,6320
2011	0,5215	0,0954	0,6169
2012	0,5582	0,1021	0,6603
2013	0,5541	0,1014	0,6555
2014	0,5075	0,3680	0,6461

Gambar 7.3 Total estimasi emisi GRK dari kuda dengan metode Tier 1 dibandingkan Tier 2.

Kecernaan zat-zat makanan merupakan faktor yang sangat menentukan kualitas bahan pakan atau ransum yang dikonsumsi ternak kuda. Kuda termasuk hewan herbivora non-ruminan. Dari aspek pencernaan makanan, kuda digolongkan sebagai hewan dengan alat pencernaan perut bagian belakang (*hindgut fermentor*). Sistem pencernaan ternak kuda berbeda dengan ternak lain.

D. KESIMPULAN

Kuda termasuk ke dalam golongan ternak herbivora non-ruminansia grup *colon fermentor*. Usus besar adalah tempat untuk mikrob melakukan fermentasi. Perbedaan sistem pencernaan antara sapi dan kuda mengakibatkan kandungan bahan organik dalam feses kuda lebih tinggi daripada bahan organik dalam feses sapi. Total emisi enterik kuda pada 2014 menggunakan Tier 2 adalah 0,5462 Gg CO_2-e/tahun, sedangkan emisi CH_4 dan N_2O dari pengelolaan kotoran sebanyak 0,368 Gg CO_2-e/tahun. Total estimasi emisi GRK dari kuda dengan metode Tier 2 lebih besar dibandingkan Tier-1. Hal ini tidak terlepas dari penggunaan kuda sebagai kuda pacu dan metode pemberian pakannya.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik (BPS). 2015. *Statistik Indonesia: Statistical Yearbook of Indonesia*. Jakarta: BPS.

Darmanto, A., Sudjito Soeparman, dan Denny Widhiyanuriawan. 2012. Pengaruh Kondisi Temperatur Mesophilic (35°C) dan Thermophilic (55°C) Anaerob Digester Kotoran Kuda terhadap Produksi Biogas. *Jurnal Rekayasa Mesin* 3(2): 317–26.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH). 2015. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan Tahun 2015*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Pertanian.

Hartatik, W. dan L. R. Widowati. 2006. *Pupuk Kandang*. Bogor: Balai Penelitian Tanah.

Haryanto, B., dan A. Thalib. 2009. "Emisi Metana dari Fermentasi Enterik: Kontribusinya secara Nasional". *Wartazoa* 19: 157–165.

Hattan, A. J., D. E. Beever, S. B. Cammell, dan J. D. Sutton. 2001. "Energy Metabolism in High Yielding Dairy Cows during Early Lactation". Dalam *Energy Metabolism in Animals*, 325–328. Snekkersten (Denmark): EAAP Publication.

Herawati, T. 2012. "Refleksi Sosial dari Mitigasi Emisi Gas Rumah Kaca pada Sektor Peternakan di Indonesia". *Wartazoa 22*(1): 35–45.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Diedit oleh H. S. Eggleston, K. Miwa, N. Srivastava, dan K. Tanabe. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. "Emission from Livestock and Manure Management". Dalam *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*, diedit oleh H. S. Eggleston, L. Buendia, K. Miwa, T. Ngara, dan K. Tanabe, 72–82. National Greenhouse Gas Inventories Programme. Kanagawa (Jepang): Institute for Global Environmental Strategies, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Jayanegara, H.P.S. Makkar, dan K. Becker. 2009. The Use of Principal Component Analysis in Identifying and Integrating Variables Related to Forage Quality and Methane Production. J.Indonesian Trop.Anim. Agric. 34(4) December 2009.

Windyasmara, Ludfia, Ambar Pertiwiningrum, dan Lies Mira Yusiati. 2012. Pengaruh Jenis Kotoran Ternak sebagai Substrat dengan Penambahan Serasah Daun Jati (*Tectona grandis*) terhadap Karakteristik Biogas pada Proses Fermentasi. *Buletin Peternakan* 36(1): 40–47.

Mansyur, U. Hidayat Tanuwiria dan Deny Rusmana. 2006. Eksplorasi Hijauan Pakan Kuda dan Kandungan Nutrisinya. *P*rosiding Seminar Nasional Teknologi Peternakan dan Veteriner.

Mc Leod, K. R., R. L. Baldwin, Vi, D. L. Harmon, C. J. Richards, dan W. V. Rumpler. 2001. "Influence of Ruminal and Postruminal Starch Infusion on Energy Balance in Growing Steers". Dalam *Energy Metabolism in Animals*, 103: 385–388. Snekkersten (Denmark): EAAP publication.

Mende I.S., Tulung Y.L.R., Umboh J.F., Kaunang W.B. 2015. Kecernaan Energi, Protein, dan Mineral Kalsium dan Fosfor Kuda Pacu Minahasa yang Diberi Pakan Lokal dan Impor. *Jurnal Zootek* 35(1): 30–38.

Murray, R. M., A. M. Bryant, dan R. A. Leng. 1976. "Rates of Production of Methane in the Rumen and Large Intestine of Sheep". Br. J. Nutr. 36: 1–14.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan (Puslitbangnak). 2016. *National Green House Gasses Inventory from Livestock 2016: Using Tier 2*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kementerian Pertanian.

Rapetti, L., L. Bava, G. M. Crovetto, dan A. Sandrucci. 2001. "Energy Utilization of a Non-forage Diet throughout Lactation in Dairy Goats". Dalam *Energy Metabolism in Animals*, 349–352. Snekkersten (Denmark): EAAP Publication.

Thalib, A., Y. Widiawati, B. Haryanto. 2010. "Penggunaan *Complete Rumen Modifier* (CRM) pada Ternak Domba yang Diberi Hijauan Pakan Berserat Tinggi". *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner* 15: 97–104.

Widiawati, Y. 2013. "Estimation of Methane Emission from Enteric Fermentation and Manure Management of Domestic Livestock in Indonesia". Dalam *Proceedings of the 5th Greenhouse Gasses and Animal Agriculture Conference* 4, Part 2 (June): 443. Cambridge: Cambridge University Press. Diakses dari https://www.cambridge.org/core/services/aop-cambridge-core/content/view/8CE9B35EE62DB2092EAD3FC6B41B9CDE/S2040470013000101a.pdf/poster_presentations_monday.pdf.

BAB VIII
EMISI GAS RUMAH KACA DARI TERNAK BABI DI INDONESIA

Rantan Krisnan dan Teguh Wahyono

A. PROFIL TERNAK BABI

Babi merupakan ternak monogastrik yang mendapatkan cukup tempat untuk dikembangkan di Indonesia. Daging babi bagi sebagian orang adalah daging pokok, selain daging sapi dan ruminansia lain. Daging babi juga menjadi daging alternatif yang dikembangkan untuk konsumsi golongan tertentu yang dapat mengurangi ketergantungan terhadap daging ruminansia. Pengembangan peternakan babi akan berdampak pada peningkatan produksi gas buang akibat budi daya subsektor peternakan, khususnya dari babi. Peningkatan tersebut mayoritas berasal dari emisi gas rumah kaca (GRK) dari pengelolaan kotoran. Massé dkk. (2003) menyatakan bahwa proses pengelolaan kotoran babi memproduksi metana (CH_4) lebih tinggi dibandingkan proses pengelolaan kotoran sapi perah.

Komoditas babi termasuk dalam tipe ternak *hindgut fermenter* yang melakukan fermentasi terhadap pakan dengan

dibantu oleh mikroorganisme yang terdapat pada saluran pencernaan bagian belakang (Suarez-Belloch dkk. 2013). Dua gas utama yang menyumbang emisi GRK dari ternak adalah CH_4 dan dinitro oksida (N_2O). Metana dari fermentasi enterik berasal dari fermentasi oleh mikrob pada karbohidrat pakan, khususnya pati, pektin, selulosa, dan hemiselulosa. CH_4 dan N_2O yang berasal dari pengelolaan kotoran sangat dipengaruhi oleh manajemen pengelolaan limbah yang diterapkan perusahaan/peternak. Efisiensi pakan yang buruk juga direpresentasikan oleh tingginya produksi CH_4 hasil fermentasi enterik (CH_4 enterik) (Bhatta dkk. 2007).

Berbagai laporan yang dipublikasikan oleh negara maju berisi tentang tingginya emisi GRK yang dihasilkan oleh sektor peternakan di negara berkembang. Perhitungan laporan tersebut masih berdasarkan pada penggunaan metode Tier 1 IPCC yang hanya berbasis jenis/komoditas ternak dan data populasi ternak yang ada (IPCC 2006).

Faktor emisi (FE) yang digunakan pada metode Tier 1 IPCC perlu disempurnakan dengan menambahkan faktor perbedaan status produksi dan tujuan pemeliharaan dari komoditas babi. Selain itu, terdapat perbedaan manajemen pemeliharaan babi di Indonesia dan negara maju. Hal tersebut disebabkan oleh perbedaan kondisi lingkungan yang ada. Oleh karena itu, sistem estimasi yang akurat dengan menggunakan metode Tier 2 perlu dilakukan untuk memberikan informasi mengenai besaran emisi GRK yang dihasilkan oleh babi di Indonesia. Tulisan ini akan memberikan gambaran nilai emisi GRK dari babi dengan membandingkan hasil estimasi dengan menggunakan metode Tier 2 dan Tier 1 IPCC.

B. POPULASI DAN FAKTOR EMISI DARI BABI

Telah disampaikan bahwa nilai emisi yang diperoleh melalui perhitungan Tier 2 akan memberikan pendekatan nilai emisi yang lebih akurat dibandingkan hasil perhitungan Tier 1. Terdapat beberapa hal yang perlu diperhatikan untuk mengetahui nilai emisi GRK dari ternak babi, yaitu sumber data yang digunakan, penentuan subkategori babi berdasarkan status produksi dan tujuan pemeliharaan, penentuan komposisi dan populasi babi di Indonesia, penentuan FE CH_4 dan N_2O dari babi serta perhitungan emisi gas CH_4 dan N_2O.

Pemilihan data mengikuti saran dalam buku panduan IPCC (2006), tetapi disesuaikan dengan kondisi di Indonesia. Data populasi diperoleh dari BPS (2015) dan dilengkapi dengan data dari Ditjen PKH (2012). Penentuan subkategori babi perlu dilakukan karena menjadi faktor penting yang membedakan sistem estimasi kedua metode Tier 2 dengan Tier 1 IPCC. Pada Tier 1 IPCC, pembagian subkategori tiap-tiap komoditas ternak tidak dilakukan (IPCC 2006). Hal tersebut memberikan hasil yang berbeda karena pada metode Tier 1 IPCC, semua babi dianggap mempunyai bobot badan dan konsumsi yang sama. Pada metode Tier 2 IPCC, babi dibagi menjadi beberapa subkategori berdasarkan level produksi dan bobot badan. Ternak babi di Indonesia terbagi menjadi tiga subkategori yang ditampilkan pada Tabel 8.1.

Tabel 8.1 Subkategori Babi Berdasarkan Berat Badan

Subkategori	Jenis kelamin	Berat badan (kg)
Anak	Jantan dan betina	15
Pasar (*market*)	Jantan dan betina	60
Dewasa (*Breeding*)	Jantan dan betina	80

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Tabel 8.2 Penentuan Komposisi (%) Populasi Babi berdasarkan Subkategori

Subkategori	Jenis kelamin	Komposisi (%)
Anak	Jantan dan betina	32,30
Pasar (*market*)	Jantan dan betina	32,74
Dewasa (*Breeding*)	Jantan dan betina	34,96

Sumber: Ditjen PKH (2012)

Sementara itu, enentuan komposisi tiap-tiap subkategori berdasarkan pada data dari Ditjen PKH (2012) dan pembagian subkategori pada Tabel 8.1 disajikan pada Tabel 8.2.

Data statistik peternakan Indonesia tahun 2006–2014 (Tabel 8.3) yang dipublikasikan oleh BPS (2015) menjadi acuan untuk menentukan total populasi babi. Selanjutnya, data populasi tersebut dikombinasikan dengan data komposisi populasi babi berdasarkan subkategori (Tabel 8.2) sehingga menghasilkan populasi babi tiap-tiap subkategori (Tabel 8.4).

Tabel 8.3 Populasi Babi Tahun 2006–2014 di Indonesia

Tahun	Populasi (ekor)
2006	6.218.202
2007	6.710.758
2008	6.837.528
2009	6.974.732
2010	7.476.665
2011	7.524.788
2012	7.900.362
2013	7.598.694
2014	7.694.000

Sumber: BPS (2015)

Tabel 8.4 Populasi Babi di Indonesia Tahun 2006–2014 berdasarkan Pembagian Subkategori

Tahun	Populasi babi (000) (ekor)			
	Anak	Pasar	Dewasa	Total
2006	2.008	2.036	2.174	6.218
2007	2.168	2.197	2.346	6.711
2008	2.209	2.239	2.390	6.838
2009	2.253	2.284	2.438	6.975
2010	2.415	2.448	2.614	7.477
2011	2.431	2.464	2.631	7.525
2012	2.552	2.587	2.762	7.900
2013	2.454	2.488	2.657	7.599
2014	2.485	2.519	2.690	7.694

Selain data populasi ternak, tentunya nilai faktor emisi dari ternak itu sendiri sangat diperlukan untuk mengetahui besaran kontribusi babi terhadap emisi GRK total. Tiga faktor emisi yang perlu tersedia adalah sebagai berikut.

1) Faktor emisi CH_4 dari fermentasi enterik. Nilai FE ini diperoleh dari rumusan yang dikeluarkan oleh buku IPCC, tetapi menggunakan data yang berdasarkan pada kondisi pemeliharaan di Indonesia. Data spesifik Indonesia yang digunakan adalah jenis pakan dan sistem pemeliharaan yang paling banyak dilakukan di Indonesia (Puslitbangnak 2016). Terdapat tiga nilai FE CH_4 enterik untuk tiap-tiap subkategori (Tabel 8.5).
2) Faktor emisi CH_4 dari pengelolaan kotoran. Nilai FE spesifik lokasi Indonesia diperoleh berdasarkan data konsumsi dan kecernaan pakan pada babi yang dipelihara dengan sistem pemeliharaan yang umum diterapkan di Indonesia (Puslitbangnak 2016). Nilai FE CH_4 dari pengelolaan kotoran babi untuk tiap-tiap subkategori disajikan pada Tabel 8.5.

3) Faktor emisi untuk N_2O dari pengelolaan kotoran. Emisi N_2O dari pengelolaan kotoran untuk lokal Indonesia didapatkan dengan menggunakan panduan yang disarankan dalam buku IPCC (2006), yang didasarkan pada angka populasi dan bobot badan babi di Indonesia (Puslitbangnak 2016).

Tabel 8.5 Nilai Faktor Emisi CH_4 Enterik dan CH_4 dari Pengelolaan Kotoran Babi

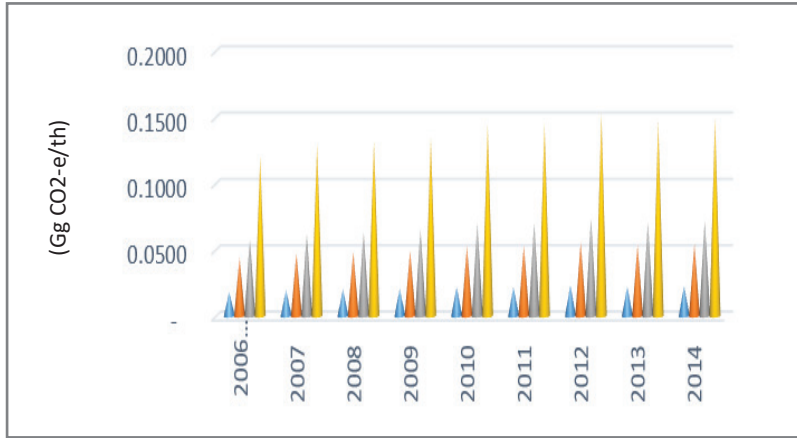
Subkategori	FE enterik	FE pengelolaan kotoran
	kg CH_4/ekor/tahun	
Anak	25,99	0,0013
Pasar	26,32	0,0075
Dewasa	28,12	0,0115

Sumber: Puslitbangnak (2016)

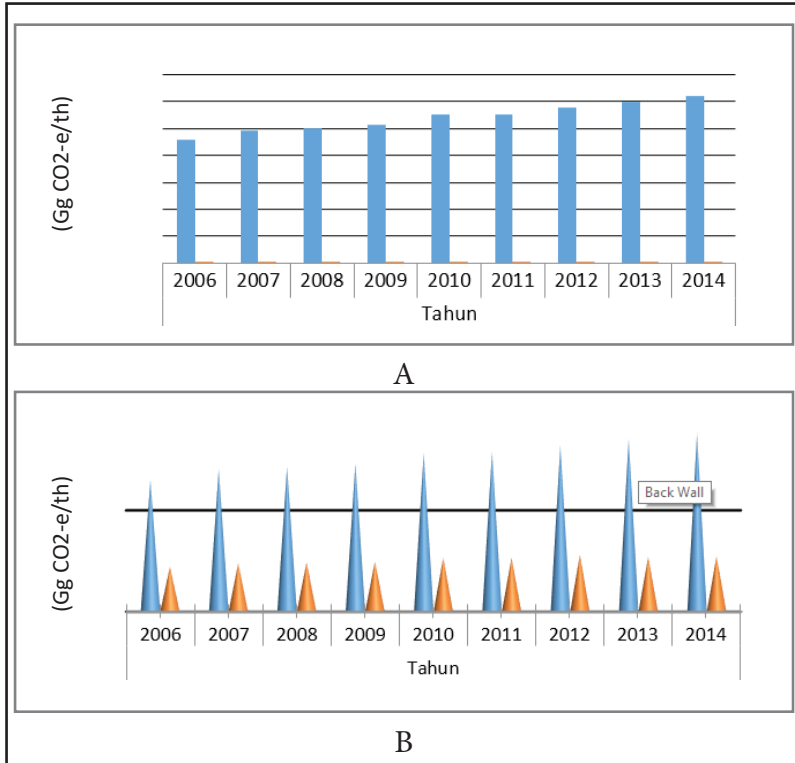
C. KONTRIBUSI NILAI EMISI GAS CH_4 DAN N_2O DARI BABI

Babi merupakan ternak *omnivore monogastris*, yakni ternak pemakan semua jenis pakan. Babi mempunyai satu perut besar yang sederhana. Walaupun tergolong sebagai ternak monogastrik, sistem pencernaan babi mempunyai *caecum* dan *colon* yang berfungsi seperti rumen pada ruminan. Pada kedua tempat tersebut terjadi fermentasi serat kasar dan karbohidrat oleh mikroorganisme. Tipe ternak seperti ini disebut *hindgut fermenter,* yaitu ternak yang melakukan fermentasi terhadap pakan dibantu oleh mikroorganisme pada saluran pencernaan bagian belakang (Suarez-Belloch dkk. 2013). Hal inilah yang mendasari pengukuran emisi pada ternak babi tidak hanya dari pengelolaan kotoran (CH_4 dan N_2O), tetapi juga mengukur kontribusi CH_4 yang berasal dari enterik fermentasi (CH_4 enterik).

Nilai emisi GRK dari babi merupakan penjumlahan dari tiga sumber GRK, yaitu CH_4 dari enterik, CH_4 dari pengelolaan kotoran, dan N_2O dari pengelolaan kotoran. Estimasi dari setiap sumber GRK tersebut mengacu pada panduan dari IPCC (2006).

Sistem estimasi dengan menggunakan metode Tier 2 IPCC sudah mengelompokkan ternak berdasarkan status produksi. Hasil estimasi emisi CH_4 yang berasal dari enterik fermentasi babi di Indonesia ditunjukkan dalam Gambar 8.1.

Gambar 8.1 Emisi CH_4 enterik dari babi di Indonesia dibagi menjadi tiga subkategori, yaitu anak (*weaning*), pasar (*market*), dan dewasa (*breeding*).

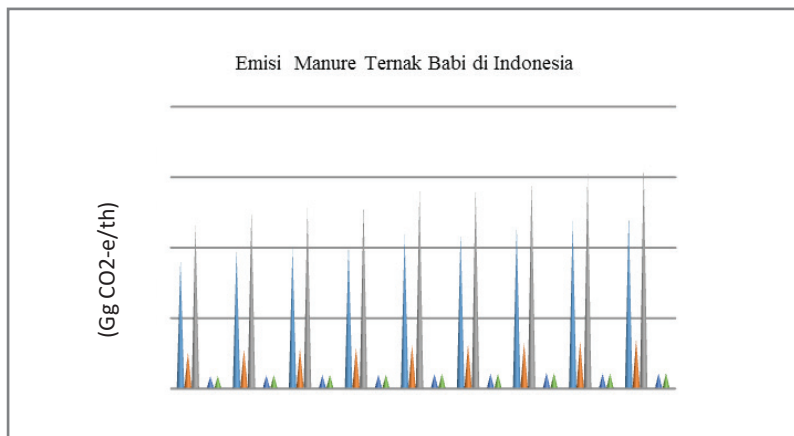
Berdasarkan Gambar 8.1, terlihat bahwa terjadi perbedaan secara numerik dalam jumlah emisi antara subkategori ternak babi. Data menunjukkan adanya korelasi positif, yaitu semakin bertambah status produksi dan semakin bertambah umur serta bobot badan, semakin meningkat pula jumlah emisi CH_4 enterik. Hal ini disebabkan oleh perbedaan dalam jumlah pakan yang dikonsumsi. Kapasitas tampung dan laju alir pakan dalam saluran pencernaan ternak dewasa lebih besar dan cepat dibandingkan ternak muda ataupun anak.

Asupan makanan (karbohidrat) mempunyai pengaruh besar terhadap produk emisi yang dihasilkan. Wang dkk. (2004) mengemukakan bahwa fermentasi karbohidrat dalam *hindgut* merupakan salah satu penyebab pembentukan gas pada ternak babi.

Gambar 8.2 Perbandingan (A) emisi CH_4 dan (B) N_2O dari pengelolaan kotoran babi di Indonesia diestimasi dengan menggunakan metode Tier 1 ( ) dan Tier 2 ( )IPCC.

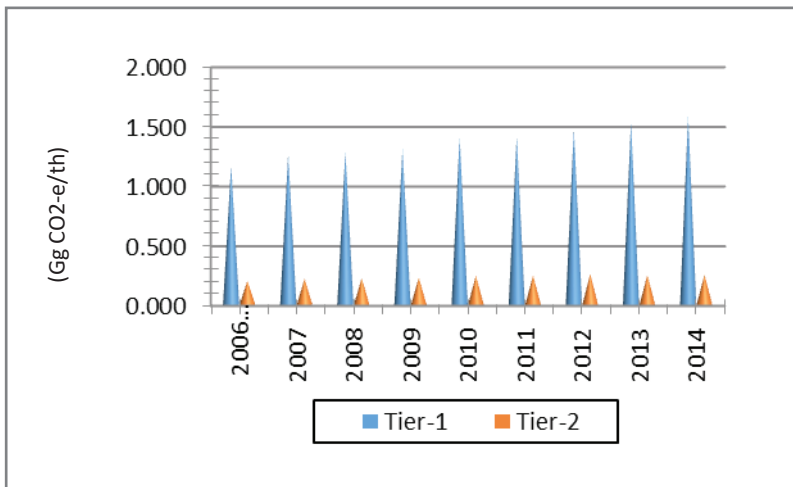
Pembentukan gas yang berlebih dapat dikurangi dengan memberikan antioksidan atau mikroorganisme menguntungkan yang dapat meningkatkan palatabilitas dan fungsi usus (Windisch dkk. 2008; Oviedo-Rondon 2009). Secara umum, produksi emisi CH_4 enterik dari babi di Indonesia meningkat setiap tahun sejalan dengan peningkatan populasi.

Produk emisi utama dari komoditas babi bersumber dari pengelolaan kotoran berupa CH_4 dan N_2O. Pada proses pengelolaan kotoran babi, beberapa faktor yang memengaruhi

produksi CH_4 adalah adanya simultan dari temperatur lingkungan yang tinggi, tingginya kadar bahan organik kotoran, dan suasana anaerobik (Amon dkk. 2006). Francois-Xavier dan Baudouin (2013) menjelaskan bahwa emisi N_2O pada kotoran berasal dari tidak sempurnanya proses nitrifikasi/denitrifikasi. Selama proses nitrifikasi tersebut, terjadi kekurangan suplai oksigen dan akumulasi nitrit. Estimasi emisi dari pengelolaan kotoran babi dibandingkan antara metode Tier 1 dan Tier 2 IPCC (Gambar 8.2).

Emisi CH_4 dari pengelolaan kotoran meningkat setiap tahunnya, baik yang diestimasi dengan metode Tier 1 maupun Tier 2. Namun, nilai emisi CH_4 dari pengelolaan kotoran yang diestimasi dengan metode Tier 2 IPCC sangat rendah. Hasil yang berbeda ditunjukkan oleh emisi N_2O, tren menunjukkan terjadi peningkatan emisi N_2O dari pengelolaan kotoran babi di Indonesia setiap tahun. Jika dibandingkan antara kedua metode, hasil yang diperoleh pada metode Tier 1 IPCC lebih tinggi dibandingkan hasil yang diperoleh dari metode Tier 2 IPCC. Perbandingan antara emisi dan total emisi yang berasal dari pengelolaan kotoran tersebut dapat dilihat pada Gambar 8.3.

Gambar 8.3 Total Emisi dari Pengelolaan Kotoran Babi di Indonesia

Dari data yang ada di Gambar 8.3, terlihat jumlah emisi yang berasal dari kotoran babi di Indonesia tahun 2006–2014 berkisar 1,175–1,589 Gg CO_2-e/tahun (Tier 1) atau 0,090–0,111 Gg CO_2-e/tahun (Tier 2). Hal yang menarik terjadi pada perbandingan proporsi kedua emisi yang berasal dari kotoran tersebut. Pada metode Tier 1 IPCC, proporsi 78% CH_4 dan 22% N_2O, sedangkan pada metode Tier 2 IPCC, perbandingannya 1% CH_4 dan 99% N_2O. Ada kemungkinan kondisi ini disebabkan perbedaan nilai FE dan subkategori babi yang digunakan. Nilai FE dalam metode Tier 2 IPCC sudah mengadopsi beberapa aktivitas ternak sesuai kondisi spesifik lokasi di Indonesia, sedangkan dalam metode Tier 1 IPCC masih mengikuti faktor acuan untuk wilayah Asia yang tertulis di buku panduan IPCC.

Total emisi dari babi di Indonesia merupakan kumulatif dari tiga sumber, yaitu CH_4 enterik fermentasi dan CH_4 serta N_2O dari pengelolaan kotoran seperti yang dapat dilihat pada Gambar 8.4 dan Tabel 8.6.

Gambar 8.4 Total Emisi GRK dari Babi di Indonesia

Tabel 8.6 Total Emisi dari Babi di Indonesia Tahun 2006–2014

Jenis emisi	Total emisi babi (Gg CO_2-e/tahun) per tahun								
	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Tier 1									
CH_4 enterik	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CH_4 kotoran	0,91	0,99	1,01	1,03	1,10	1,11	1,15	1,20	1,24
N_2O kotoran	0,26	0,28	0,29	0,29	0,31	0,32	0,33	0,34	0,35
Total	1,18	1,27	1,29	1,32	1,41	1,42	1,48	1,54	1,59
Tier 2									
CH_4 enterik	0,12	0,13	0,13	0,14	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15
CH_4 kotoran	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
N_2O kotoran	0,09	0,10	0,10	0,10	0,11	0,11	0,11	0,11	0,11
Total	0,21	0,23	0,23	0,24	0,25	0,25	0,27	0,26	0,26

Total emisi GRK yang diestimasi dengan Tier 1 lebih tinggi dibandingkan Tier 2, yang sejalan dengan nilai tiap-tiap sumber GRK, yaitu CH_4 enterik fermentasi, CH_4 dan N_2O dari pengelolaan kotoran. Kontribusi babi terhadap emisi GRK tahun 2014 mencapai 1,59 Gg CO_2-e/tahun (Tier 1) atau 0,26 Gg CO_2-e/tahun (Tier 2). Perbandingan total emisi dan proporsi sumber emisi babi tahun 2006–2014 dapat dilihat pada Tabel 8.6.

Berdasarkan data pada Tabel 8.6, terlihat rata-rata total emisi dari babi mencapai 1,39 Gg CO_2-e/tahun (Tier 1) atau 0,24 Gg CO_2-e/tahun (Tier 2). Rata-rata kenaikan total emisi setiap tahunnya adalah 3,87% (Tier 1) dan 2,74% (Tier 2). Proporsi sumbangan dari tiap-tiap sumber emisi menunjukkan 0% CH_4 enterik; 77,8% CH_4 pengelolaan kotoran; 22,2% N_2O pengelolaan kotoran (Tier 1); dan 57,3% CH_4 enterik; 0,4% CH_4 pengelolaan kotoran; 42,3% N_2O pengelolaan kotoran (Tier 2).

Perbedaan proporsi ini dapat menjadi data pembanding yang menginformasikan bahwa emisi dari ternak babi dengan

menggunakan variabel spesifik lokasi menunjukkan total emisi tidak sebesar yang diperhitungkan melalui Tier 1. Pravolo, Grimaldi, dan Riva (2012) melaporkan bahwa nilai penghitungan Tier 2 cenderung selalu lebih rendah dibandingkan metode Tier 1. Penelitian tersebut menjelaskan bahwa parameter spesifik dalam Tier 2 adalah faktor yang memengaruhi penurunan nilai dibandingkan Tier 1. Parameter spesifik yang dimaksud adalah pembagian status fisiologis dan jenis pakan yang diberikan. Perolehan nilai total emisi dan proporsi tiap-tiap sumber emisi dari babi ini tentunya sangat bermanfaat untuk menentukan aksi tindak manajemen pengembangan budi daya ternak babi selanjutnya yang lebih baik di Indonesia.

D. KESIMPULAN

Kontribusi babi terhadap emisi GRK mengalami kenaikan setiap tahun. Rata-rata kontribusi babi terhadap emisi GRK tahun 2006–2014 mencapai 1,39 Gg CO_2-e/tahun (Tier 1) dan 0,24 Gg CO_2-e/tahun (Tier 2). Rata-rata kenaikan total emisi setiap tahunnya adalah 3,87% (Tier 1) dan 2,74% (Tier 2). Penggunaan metode yang lebih akurat (Tier 2) menunjukkan emisi yang lebih rendah.

DAFTAR PUSTAKA

Amon, B., V. Kryvoruchko, T. Amon, dan S. Zechmeister-Boltenstern. 2006. "Methane, Nitrous Oxide and Ammonia Emissions during Storage and after Application of Dairy Cattle Slurry and Influence of Slurry Treatment". *Agriculture, Ecosystems & Environment* 112: 153–162.

Bhatta, R., K. Tajima, N. Takusari, K. Higuchi, O. Enishi, dan M. Kurihara. 2007. "Comparison of *in Vivo* and *in Vitro* Techniques for Methane Production from Ruminant Diets". *Asian-Australasian Journal of Animal Sciences* 20: 1049–1056.

Badan Pusat Statistik (BPS). 2015. *Statistik Indonesia: Statistical Yearbook of Indonesia*. Jakarta: BPS.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH). 2012. *Statistik Peternakan 2012*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan (Ditjen PKH). 2015. *Statistik Peternakan dan Kesehatan Hewan Tahun 2015*. Jakarta (Indonesia): Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan, Kementerian Kesehatan.

Francois-Xavier, P., dan N. Baudouin. 2013. "Emissions of Ammonia, Nitrous Oxide and Methane from Pig Houses: Influencing Factors and Mitigation Techniques". Dalam *European Workshop: Reconciling the Environment with Livestock Management*. Rennes, 19–20 March 2013. Rennes (Prancis).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Diedit oleh H. S. Eggleston, K. Miwa, N. Srivastava, dan K. Tanabe. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Massé, D. I., F. Croteau, N. K. Patni, dan L. Masse. 2003. "Methane Emissions from Dairy Cow and Swine Manure Slurries Stored at 10 and 15°C". *Canadian Biosystems Engineering* 45: 61–66.

Oviedo-Rondón, E. O. 2009. "Molecular Methods to Evaluate Effects of Feed Additives and Nutrients in Poultry Gut Microflora". *Revista Brasileira de Zootecnia* 38: 209–225.

Pravolo, G., D. Grimaldi, dan E. Riva. 2012. "Environmental Assesment of Livestock Farms: A Comparison of Different Methods to Estimate Emissions to Air. Dalam *International Conference RAGUSA SHWA*, 148–155. Ragusa, 3–6 September 2012. Ragusa (Italia): RAGUSA SHWA.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan (Puslitbangnak). 2016. *Report National Green House Gases Inventory from Livestock*. Bogor.

Suarez-Belloch, J., S. Doti, N. Rodríguez-Romero, J. A. Guada, M. Fondevila, M. A. Latorre. 2013. "Hindgut Fermentation in Pigs Induced by Diets with Different Sources or Starch". *Spanish Journal of Agricultural Research* 11: 780–789.

Wang, J. F., Y. H. Zhu, D. F. Li, Z. Wang, dan B. B. Jensen. 2004. "*In Vitro* Fermentation of Various Fiber and Starch Sources by Pig Fecal Inocula". *Journal of Animal Sciences* 82: 2615–2622.

Windisch, W., K. Schedle, C. Plitzner, dan A. Kroismayr. 2008. "Use of Phytogenic Products as Feed Additives for Swine and Poultry". *Journal of Animal Sciences* 86 (14 Suppl): E140–E148.

BAB IX
UNGGAS DAN EMISI GAS RUMAH KACA DI INDONESIA (TIER 2 IPCC)

Cecep Hidayat dan Imas Sri Nurhayati

A. PERKEMBANGAN METODE PERHITUNGAN NILAI EMISI GAS RUMAH KACA DARI UNGGAS

Efek emisi gas rumah kaca (GRK) sudah mulai dirasakan dalam kehidupan manusia. Konsentrasi gas metana (CH_4) dalam atmosfer cukup tinggi, yaitu urutan kedua setelah karbon dioksida (CO_2) dengan potensi meretensi panas >20 kali lipat lebih besar dibandingkan CO_2 (Iqbal dkk. 2008) atau karena daya menangkap panas gas CH_4 sebesar 25×CO_2 (Vlaming 2008). Konsentrasi GRK saat ini meningkat secara signifikan, masing-masing mengalami peningkatan untuk CO_2 sebesar 34%, CH_4 sebesar 152%, dan N_2O sebesar 18% (Pidwirny 2006).

Secara nasional, kontribusi GRK dari sektor peternakan masih relatif rendah, yaitu <1,5% dari total GRK nasional (Widiawati 2013). Kontribusi GRK yang dihasilkan ternak unggas sebesar 4.199,37 Gg CO_2-e/tahun). Estimasi emisi GRK di Indonesia masih menggunakan metode Tier 1 IPCC, dengan menggunakan faktor emisi (FE) acuan dari IPCC 2006 untuk wilayah Asia atau negara

berkembang. Namun, nilai FE untuk metode Tier 1 cenderung lebih tinggi daripada kondisi sesungguhnya di Indonesia (Widiawati 2013). Produksi ternak unggas berkontribusi terhadap emisi GRK melalui proses fermentasi enterik dan pengelolaan kotoran. Gas metana diproduksi selama proses pencernaan pada setiap jenis ternak. Ternak ruminansia merupakan kontributor utama emisi metana karena pada sistem pencernaannya terdapat alat pencernaan berupa rumen yang di dalamnya terjadi proses pencernaan secara fermentatif. Ternak ruminansia menghasilkan emisi metana sebagai produk samping dari proses fermentasi enterik. Berbeda dengan ternak ruminansia, ternak unggas sebagai ternak non-ruminansia tidak memiliki alat pencernaan berupa rumen sehingga fermentasi dalam sistem pencernaannya sangat kecil. Oleh karena itu, pada ternak unggas, gas rumah kaca yang dihasilkan sebagai akibat dari fermentasi enterik juga sangat rendah karena keterbatasan proses fermentasi enterik yang hanya terjadi di saluran pencernaan pasca-lambung, seperti *ceccum* dan usus besar. Atas dasar tersebut, pada peternakan unggas, kontribusi utama emisi gas rumah kaca bersumber dari sistem pengelolaan kotoran unggas.

Oleh karena itu, manajemen kotoran unggas sangat menentukan bagi tinggi rendahnya emisi gas rumah kaca yang dihasilkan oleh peternakan unggas tersebut. Kotoran unggas dapat menghasilkan emisi gas rumah kaca karena gas metana dapat dihasilkan dari proses dekomposisi kotoran unggas dalam kondisi anaerob. Kondisi ini sering terjadi ketika peternakan unggas dikelola pada area terbatas yang biasanya kotoran unggas disimpan dan ditumpuk begitu saja. Begitu pula dengan gas rumah kaca lainnya, N2O, juga diproduksi selama proses nitrifikasi/denitrifikasi nitrogen yang terkandung dalam kotoran unggas. Penulisan artikel ini berkaitan dengan perkiraan emisi GRK yang dihasilkan ternak unggas dengan menggunakan metode Tier 2

IPCC. Estimasi emisi GRK dari ternak unggas bersumber dari dua sumber GRK, yaitu CH_4 dan N_2O dari kotoran ternak unggas.

B. PENDEKATAN PERKIRAAN KONTRIBUSI EMISI CH_4 DAN N_2O DARI UNGGAS

Pendekatan yang dilakukan dalam memperkirakan emisi gas CH_4 dari ternak unggas menggunakan metode Tier 2 IPCC. Pendekatan ini dilakukan dengan beberapa tahapan yang meliputi 1) pendataan populasi untuk tiap-tiap subkategori *broiler*, *layer,* dan ayam lokal dengan memperhitungkan fase hidup (umur) dalam satu tahun; 2) faktor emisi CH_4 dan N_2O untuk ternak unggas; dan 3) formulasi penghitungan emisi GRK dari unggas.

Pendataan jumlah populasi total ternak unggas dengan menggunakan data statistik peternakan Indonesia tahun 2006–2014 (BPS 2015), sebagaimana disajikan pada Tabel 9.1.

Tabel 9.1 Populasi Ternak Unggas di Indonesia Tahun 2006–2014

Tahun	Populasi ternak unggas (000) (ekor)				
	Ayam Lokal	Ayam *Layer*	Ayam *Broiler*	Itik	Total
2006	291.085	100.202	797.527	32.481	1.221.295
2007	272.251	111.489	891.659	35.867	1.311.266
2008	243.423	107.955	902.052	39.839	1.293.269
2009	249.963	111.418	1.026.379	40.676	1.428.436
2010	257.544	105.210	986.872	44.302	1.393.928
2011	264.340	124.636	1.177.991	43.488	1.610.455
2012	274.564	138.718	1.244.402	49.295	1.706.979
2013	276.777	146.622	1.344.191	51.355	1.818.945
2014	275.116	146.660	1.443.349	52.683	1.917.808

Sumber: BPS (2015)

Estimasi emisi GRK pada ternak unggas meliputi emisi gas CH_4 dan N_2O dari pengelolaan kotoran. Estimasi emisi GRK dari ternak unggas menggunakan metode Tier 2 IPCC. Jumlah

emisi CH_4 dari kotoran ternak digunakan FE khusus untuk ternak unggas di Indonesia. Nilai FE diperoleh dari data konsumsi dan kecernaan pada pakan unggas di Indonesia.

Tabel 9.2 Nilai FE CH_4 dari Pengelolaan Kotoran Unggas untuk Tiap-tiap Subkategori

Subkategori	FE CH_4 dari pengelolaan kotoran (kg CH_4/ekor/tahun)
Broiler	0,0039
Layer	0,0043
Ayam lokal	0,0031
Itik	0,0035

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Estimasi emisi N_2O dari kotoran unggas dapat dilakukan dengan menggunakan rumus yang dikeluarkan oleh IPCC (2006) dengan memasukkan unsur bobot badan ternak dan populasinya. Populasi ternak unggas yang digunakan dalam perhitungan adalah populasi dengan memperhitungkan umur hidupnya. Misalnya, pada populasi ayam *broiler*, data populasi yang digunakan dalam perhitungan emisi CH_4 adalah jumlah populasi ayam *broiler* dikalikan dengan koefisien (35/365). Dalam hal ini, umur *broiler* umumnya adalah 35 hari. Sementara itu, angka 365 merupakan jumlah hari dalam satu tahun. Estimasi emisi GRK dari ternak unggas merupakan penjumlahan dari dua sumber GRK, yaitu CH_4 dan N_2O dari kotoran ternak unggas.

C. ESTIMASI NILAI EMISI GAS CH_4 DAN N_2O DARI UNGGAS

1. Emisi Gas CH_4 dari Pengelolaan Kotoran Unggas

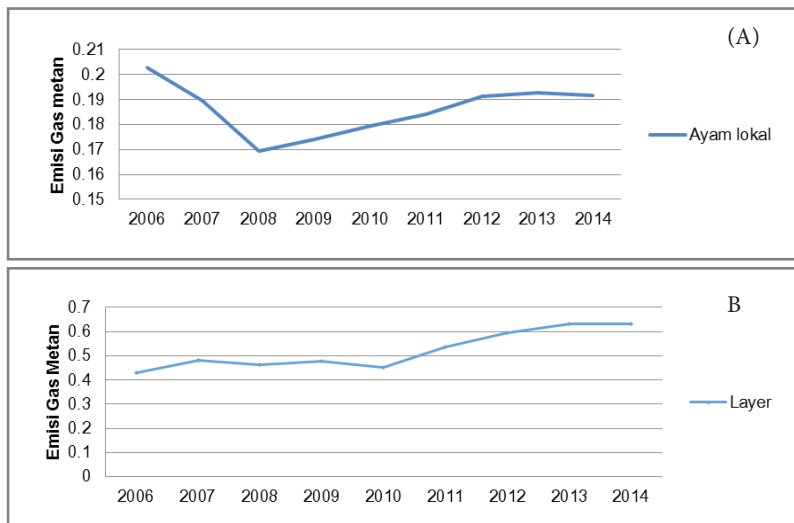
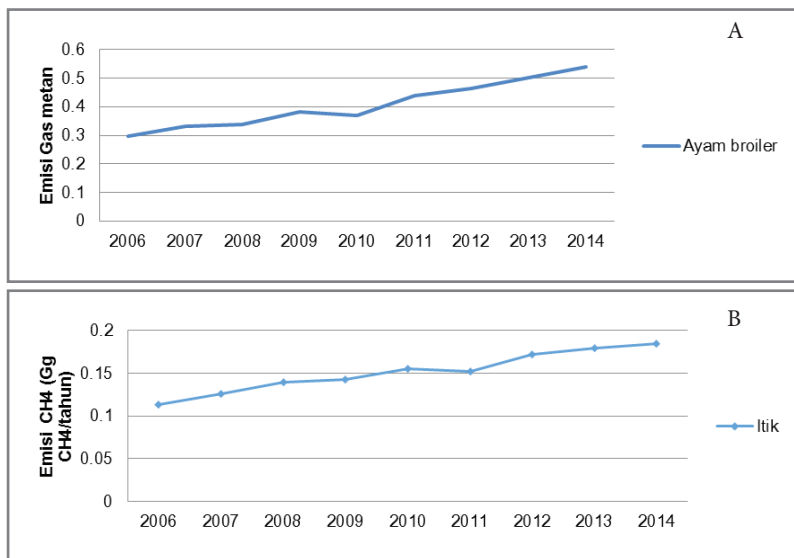
Emisi gas CH_4 dari kotoran ternak unggas pada tiap-tiap subkategori per tahun yang dihitung dengan menggunakan

metode Tier 2 IPCC sejak tahun 2006 sampai tahun 2014 disajikan pada Tabel 9.3.

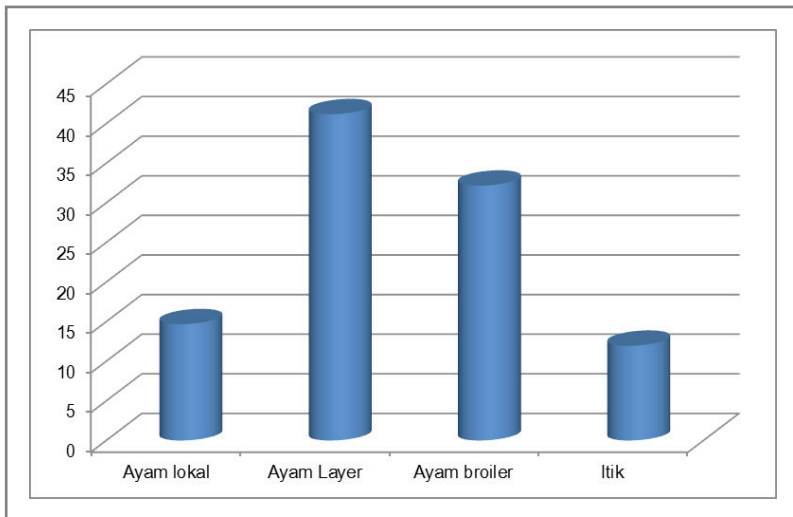
Berdasarkan Tabel 9.3 dan Gambar 9.1, diketahui bahwa emisi gas CH_4 yang dihasilkan oleh ternak ayam lokal berkisar antara 0,169–0,202 Gg CH_4/tahun. Emisi dari ternak *broiler* tertinggi terjadi pada 2006, ketika populasi ternak lebih tinggi dibandingkan tahun yang lain. Akibat populasi ternak *broiler* yang turun pada 2008, jumlah emisi gas CH_4 yang dihasilkan oleh ternak *broiler* pada 2008 menjadi lebih rendah dibandingkan tahun lainnya. Sementara itu, jumlah emisi gas CH_4 yang dihasilkan oleh ayam petelur lebih rendah dibandingkan yang dihasilkan oleh ayam *broiler*. Hal ini disebabkan oleh masa pemeliharaan ayam *layer* yang dapat mencapai satu tahun masa pemeliharaan sehingga populasi ayam *layer* tidak dikoreksi dengan koefisien umur hidup ayam (hari) terhadap jumlah hari dalam setahun. Hal ini berbeda dengan ayam *broiler*. Populasi yang digunakan dalam perhitungan emisi gas CH_4 dikoreksi dengan koefisien (35/365) atau jumlah hari pemeliharaan per jumlah hari dalam setahun.

Tabel 9.3 Emisi Gas CH_4 dari Pengelolaan Kotoran Ternak Unggas pada Tiap-tiap Subkategori Tahun 2006–2014 di Indonesia Menggunakan Tier 2 IPCC

Tahun	Emisi gas CH_4 dari ternak unggas				
	Ayam Lokal	Ayam *Layer*	Ayam *Broiler*	Itik	Total
2006	0,202723	0,4308686	0,298253	0,113684	1,045528
2007	0,189606	0,4794027	0,333456	0,125535	1,127999
2008	0,169529	0,4642065	0,337343	0,139437	1,110515
2009	0,174084	0,4790974	0,383838	0,142366	1,179385
2010	0,179364	0,452403	0,369063	0,155057	1,155887
2011	0,184097	0,5359348	0,440536	0,152208	1,312776
2012	0,191217	0,5964874	0,465372	0,172533	1,425609
2013	0,192758	0,6304746	0,502691	0,179743	1,505666
2014	0,191601	0,630638	0,539773	0,184391	1,546403
Total	1,674978	4,699513	3,670325	1,364951	11,40977

Emisi gas CH_4 dari ayam *layer* tahun 2006–2014 cenderung mengalami kenaikan, kecuali pada 2010 yang terlihat menurun dibandingkan tahun sebelumnya (Gambar 9.1). Jumlah emisi gas CH_4 yang dihasilkan oleh ayam *layer* berada pada kisaran 0,430869–0,630638Gg CH_4/tahun.

Gambar 9.1 Emisi Gas CH_4 dari Ayam Lokal (A) dan Ayam *Layer* (B) di Indonesia Tahun 2006–2014 Menggunakan Metode Tier 2 IPCC.

Gambar 9.2 Grafik Emisi Gas CH_4 dari Ternak Ayam *Broiler* (A) dan Ternak Itik (B) di Indonesia Tahun 2006–2014 (Tier 2)

Berdasarkan Tabel 9.3 dan Gambar 9.1, diketahui bahwa emisi gas CH_4 yang dihasilkan oleh ayam lokal berkisar antara 2,472334–4,474382 Gg CH_4/tahun. Emisi gas CH_4 dari ayam lokal menunjukkan kenaikan setiap tahun dari tahun 2006 ke tahun 2014. Hal ini disebabkan peningkatan populasi ternak ayam lokal setiap tahun. Jumlah emisi gas CH_4 yang dihasilkan oleh ternak itik berada pada kisaran 0,113684–0,184391 Gg CH_4/tahun.

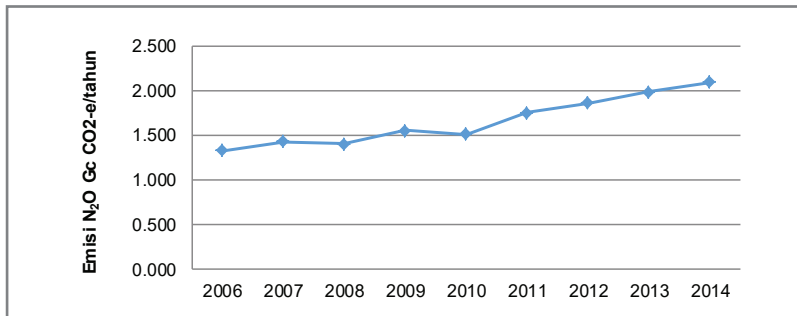
Perbandingan kontribusi gas CH_4 dari setiap jenis unggas ditunjukkan pada Gambar 9.3. Pada 2006–2014, kontribusi emisi gas CH_4 oleh unggas dihasilkan oleh ayam *layer*, yaitu sebesar 41,2%, kemudian diikuti oleh ayam *broiler* (32,2%), ayam lokal (14,7%), dan itik (11,9%).

Gambar 9.3 Kontribusi Emisi Gas CH_4 (Gg CH_4/tahun) dari Setiap Jenis Unggas Tahun 2006–2014 di Indonesia Menggunakan Metode Tier 2 IPCC

2. Emisi Gas N_2O dari Pengelolaan Kotoran Unggas

Kontribusi emisi gas N_2O yang dihasilkan oleh ternak unggas di Indonesia tahun 2006–2014 ditunjukkan pada Tabel 9.4 dan Gambar 9.4. Seperti ditunjukkan oleh Gambar 9.4, diketahui bahwa kontribusi emisi gas N_2O dari unggas terus meningkat sejak tahun 2006 sampai tahun 2014. Hal ini disebabkan peningkatan populasi ternak unggas di Indonesia sehingga produksi kotoran unggas pun mengalami kenaikan yang meningkatkan emisi gas N_2O.

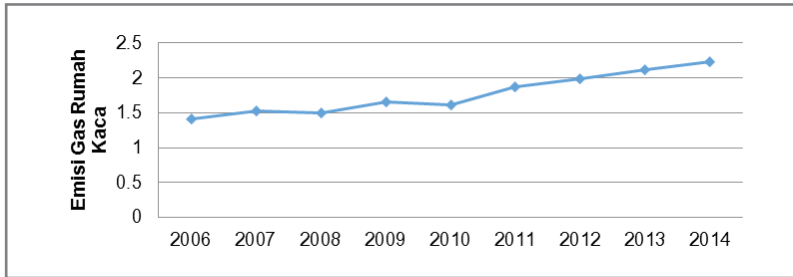
Tabel 9.4 Emisi Gas N_2O (CO_2-e Gg/tahun) dari Pengelolaan Kotoran Unggas Tahun 2006-2014 di Indonesia Menggunakan Metode Tier 2 IPCC

Tahun	Emisi N_2O
2006	1,234
2007	1,424
2008	1,401
2009	1,550
2010	1,506
2011	1,752
2012	1,855
2013	1,979
2014	2,089

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Gambar 9.4 Estimasi Emisi N_2O dari Pengelolaan Kotoran Unggas di Indonesia dengan Metode Tier 2 IPCC

Tabel 9.5 Estimasi Emisi GRK dari Pengelolaan Kotoran Ternak Unggas Tahun 2006–2014 di Indonesia dengan Metode Tier 2 IPCC 2006–2014

Tahun	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Emisi GRK	1,418	1,526	1,501	1,662	1,614	1,878	1,989	2,122	2,238

Sumber: Puslitbangnak (2016)

Sumber: Diolah dari Puslitbangnak (2016)

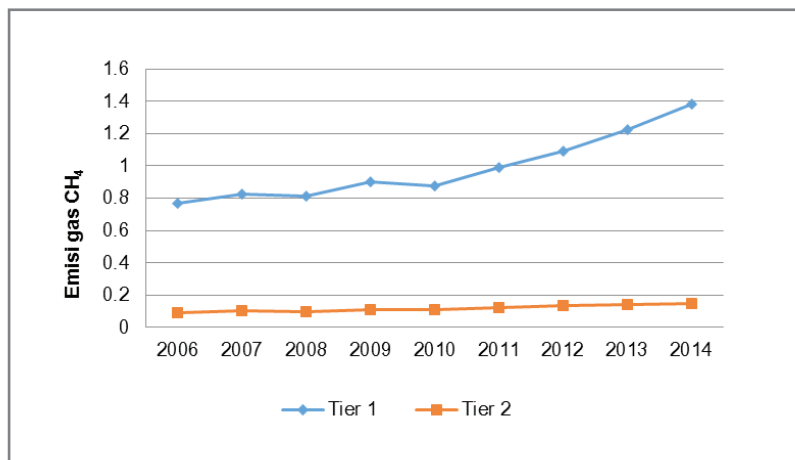
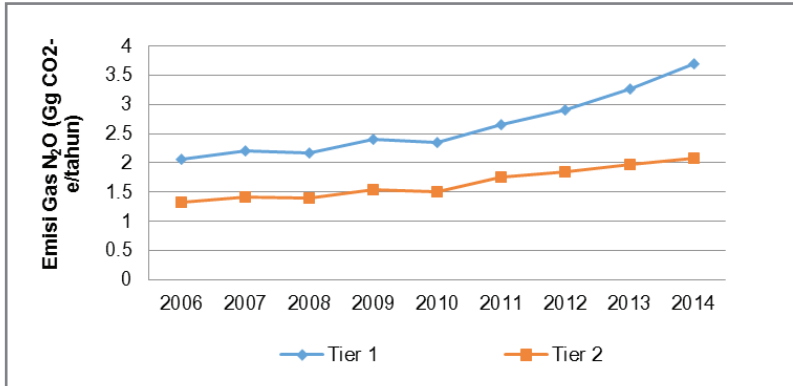
Gambar 9.5 Grafik Estimasi Emisi GRK dari Pengelolaan Kotoran Unggas di Indonesia dengan Metode Tier 2 IPCC

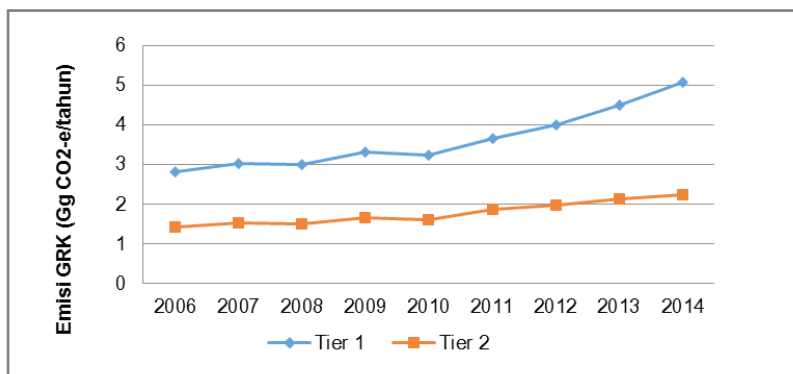
Gas rumah kaca yang bersumber dari ternak unggas berasal dari emisi gas CH_4 dan gas N_2O hasil pengelolaan kotoran unggas. Jumlah emisi GRK yang berasal dari unggas di Indonesia tahun 2006–2014 ditunjukkan pada Tabel 9.5 dan Gambar 9.5. Jumlah emisi GRK yang dihaslkan dari pengelolaan kotoran unggas di Indonesia tahun 2006–2014 berada pada kisaran 1,418–2,238 Gg CO_2-e/tahun.

3. Perbandingan Nilai Emisi GRK yang Diestimasi dengan Metode Tier 2 dan Tier 1 IPCC

Estimasi emisi GRK dengan metode Tier 2 IPCC memasukkan unsur subkategori ternak dengan karakteristik fase fisiologisnya. Hal tersebut tidak dilakukan pada metode Tier 1 IPCC. Oleh karena itu, akan didapatkan nilai emisi GRK yang mampu mendekati fakta sesungguhnya dibandingkan metode Tier 1

IPCC. Berikut ini disajikan grafik perbandingan nilai emisi gas CH_4 (Gg CO_2-e/tahun) dari pengelolaan kotoran unggas di Indonesia ketika menggunakan metode pengukuran Tier 1 dan Tier 2 IPCC seperti ditunjukkan pada Gambar 9.6.

Nilai emisi gas CH_4 dari pengelolaan kotoran unggas yang diestimasi dengan menggunakan metode Tier 2 IPCC 10–12% lebih rendah daripada nilai emisi gas CH_4 yang dihasilkan dengan menggunakan metode Tier 1 IPCC. Sementara itu, grafik perbandingan nilai emisi gas N_2O (Gg CO_2-e/tahun) dari pengelolaan kotoran unggas di Indonesia ketika menggunakan metode Tier 1 dan Tier 2 IPCC disajikan pada Gambar 9.7.

Gambar 9.6 Perbandingan Nilai Emisi Gas CH_4 dari Pengelolaan Kotoran Unggas di Indonesia yang Diestimasi dengan Metode Tier 1 dan Tier 2 IPCC

Gambar 9.7 Perbandingan Nilai Emisi Gas N_2O dari Pengelolaan Kotoran Unggas di Indonesia yang Diestimasi dengan Menggunakan Metode Tier 1 dan Tier 2 IPCC

Berdasarkan Gambar 9.7, diketahui bahwa emisi gas N_2O dari pengelolaan kotoran unggas sebesar 56–66% (Tier 2) lebih rendah daripada nilai emisi gas N_2O yang dihasilkan dengan menggunakan metode Tier 1. Sementara itu, grafik perbandingan nilai emisi GRK (CO_2-e Gg/tahun) dari pengelolaan kotoran unggas di Indonesia ketika menggunakan metode Tier 1 dan Tier 2 IPCC disajikan pada Gambar 9.8.

Gambar 9.8 Perbandingan Nilai Emisi GRK dari Pengelolaan Kotoran Unggas di Indonesia yang Diestimasi dengan Metode Tier 1 dan Tier 2 IPCC

Berdasarkan Gambar 9.8, diketahui bahwa emisi GRK dari pengelolaan kotoran unggas dengan menggunakan metode Tier 2 IPCC menghasilkan nilai sebesar 44–50% lebih rendah daripada nilai emisi GRK yang dihitung menggunakan metode Tier 1 IPCC.

D. KESIMPULAN

Emisi GRK yang dihasilkan oleh peternakan unggas berasal dari CH_4 dan N_2O yang dihasilkan dari pengelolaan kotoran. Jumlah emisi GRK unggas sangat dipengaruhi oleh populasi yang terkait dengan jumlah kotoran yang dihasilkan dan cara pengelolaannya. Perkiraan emisi GRK dari unggas di Indonesia dengan metode Tier 2 IPCC tahun 2006–2014 adalah 1,4–2,2 Gg CO_2-e/tahun atau 44–52% lebih rendah daripada emisi GRK dengan metode Tier 1 IPCC. Metode Tier 2 IPCC memasukkan unsur fase fisiologis ternak sehingga lebih akurat dalam menggambarkan jumlah emisi GRK dibandingkan metode Tier 1 IPCC.

DAFTAR PUSTAKA

Badan Pusat Statistik (BPS). 2015. *Statistik Indonesia: Statistical Yearbook of Indonesia*. Jakarta: Badan Pusat Statistik.

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. "Emission from Livestock and Manure Management". Dalam *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Diedit oleh H. S. Eggleston, K. Miwa, N. Srivastava, dan K. Tanabe. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Iqbal, M. F., Y. F. Cheng, W. Y. Zhu, dan B. Zeshan. 2008. "Mitigation of Ruminant Methane Production Current Strategies, Constraints, and Future Options". *World Journal Microbiology Biotechnol.* 24: 2747–2755.

Pidwirny, M. 2006. "The Greenhouse Effect: Greenhouse Effect Illustrated". Fundamentals of Physical Geography, 2nd Edition. Diakes pada 26 September 2018 dari http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7h_2.html.

Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. 2016. *National Green House Gasses Inventory from Livestock 2016: Using Tier 2*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Kementerian Pertanian.

Vlaming, J. B. 2008. *Quantifiying Variation in Estimated Methane Emission from Ruminants Using the SF6 Tracer Technique*. Disertasi. Palmerston North (Selandia Baru): Massey University.

Widiawati, Y. 2013. "Current and Future Mitigation Activities on Metane Emission from Ruminants in Indonesia". Makalah disajikan pada International Workshop on Inventory Data and Mitigation of Carbon and Nitrogen Cycling from Livestock in Indonesia. Jakarta, 24 April 2013.

BAB X
PENGGUNAAN DAN PENYEMPURNAAN METODE TIER-2 DALAM INVENTORI PETERNAKAN NASIONAL

Yeni Widiawati

Sebagaimana yang telah dikemukakan dalam bab-bab sebelumnya mengenai estimasi GRK dari semua jenis ternak dengan menggunakan pendekatan metode Tier 2, diketahui bahwa hasil estimasi GRK dengan menggunakan metode Tier 2 lebih rendah dibandingkan yang dihasilkan dari metode Tier 1 untuk semua jenis ternak, terkecuali untuk kuda. Hasil estimasi dengan kedua metode memiliki perbedaan cukup menonjol. Hasil yang diperoleh dari metode Tier 2 mempunyai keakuratan yang lebih baik. Hal ini disebabkan data yang digunakan dalam metode ini merupakan data spesifik lokasi Indonesia, baik data populasi ternak maupun nilai faktor emisi. Selain itu, populasi ternak yang digunakan sudah berdasarkan pada status produksi ternak atau umur ternak. Perbedaan umur dan status produksi ternak selanjutnya menyebabkan perbedaan pada bobot badan dan jumlah pakan yang dikonsumsi, yang pada akhirnya menghasilkan emisi yang berbeda pula.

Kontribusi GRK dari ternak ruminansia terbagi menjadi dua bagian, yaitu bersumber dari gas CH_4 enterik dan kotoran ternak

serta gas N_2O dari pengelolaan kotoran. Total Emisi GRK dari peternakan yang dihitung menggunakan metode Tier 1 lebih besar dibandingkan yang dihitung dengan metode Tier 2, seperti yang dirangkum pada Tabel 10.1.

Tabel 10.1 Emisi GRK dari Peternakan yang Dihitung dengan Metode Tier 1 dibandingkan Hasil Hitungan dengan Metode Tier 2 Tahun 2006–2014

Jenis emisi		Total emisi metana (Gg CO2-e/tahun) per tahun								
		2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Sapi Potong	Tier 1	12,700	13,300	15,500	14,900	15,900	17,300	18,700	18,300	17,200
	Tier 2	9,610	10,180	10,830	11,280	12,000	13,100	14,120	11,210	13,010
Sapi Perah	Tier 1	0,473	0,479	0,586	0,608	0,626	0,765	0,797	0,872	0,966
	Tier 2	0,457	0,453	0,554	0,575	0,591	0,723	0,741	0,538	0,609
Kerbau	Tier 1	3,137	3,197	2,795	2,798	2,895	1,889	2,082	1,606	1,933
	Tier 2	4,277	4,118	3,098	3,816	3,946	2,578	2,839	2,189	2,635
Domba	Tier 1	1,402	1,486	1,492	1,532	1,647	1,830	1,972	2,081	2,211
	Tier 2	0,916	0,971	1,091	1,152	1,211	1,306	1,459	1,594	1,693
Kambing	Tier 1	2,211	2,321	2,429	2,536	2,665	2,717	2,865	2,991	3,120
	Tier 2	1,131	1,188	1,118	1,171	1,232	1,274	1,368	1,438	1,471
Kuda	Tier 1	0,152	0,251	1,244	0,243	0,271	0,275	0,280	0,282	0,285
	Tier 2	0,600	0,606	0,593	0,602	0,632	0,617	0,660	0,656	0,646
Babi	Tier 1	1,180	1,270	1,290	1,320	1,410	1,420	1,480	1,540	1,590
	Tier 2	0,210	0,230	0,230	0,240	0,250	0,250	0,270	0,260	0,260
Unggas	Tier 1	2,827	3,035	2,994	3,306	3,226	3,646	4,004	4,493	5,078
	Tier 2	1,418	1,526	1,501	1,662	1,614	1,878	1,989	2,122	2,238
Total	Tier 1	22,53	23,60	25,59	25,47	26,72	27,74	29,93	29,80	29,89
	Tier 2	18,62	19,27	19,02	20,50	21,48	21,73	23,45	20,01	22,56

Pada sapi potong, hasil estimasi dengan menggunakan metode Tier 2 lebih rendah 12,34% dibandingkan hasil estimasi dengan menggunakan metode Tier 1. Hasil yang sama juga ditunjukkan oleh sapi perah, yakni perbedaan estimasi emisi CH_4 dari Tier 2 lebih rendah sekitar 40,99–61,49%, sedangkan perbedaan estimasi emisi N_2O lebih rendah sekitar 17,73–61,08%. Pada domba, total emisi GRK sebesar 1,693 Gg/CO_2-e/tahun atau

lebih rendah 33,01% ketika diestimasi dengan menggunakan Tier 2 dibandingkan Tier 1. Pada kambing, total emisi GRK tercatat sebesar 3,1 Gg CO_2-e/tahun yang dihitung dengan Tier 1, yakni hasil ini jauh lebih besar dibandingkan yang diestimasi dengan Tier 2 (1,4 Gg CO_2-e/tahun). Terdapat perbedaan pola emisi GRK yang dihasilkan oleh kuda, yakni total emisi yang dihitung dengan Tier 2 lebih tinggi dibandingkan Tier 1. Hal ini diduga karena kuda di Indonesia merupakan hewan pacuan yang dipelihara dengan pakan khusus yang banyak menghasilkan gas rumah kaca. Pola yang sama juga ditemukan pada unggas dan babi, yakni total emisi dari babi mencapai 1,39 Gg CO_2-e/tahun (Tier 1) atau hanya sekitar 0,24 Gg CO_2-e/tahun (Tier 2). Pada unggas, estimasi dengan Tier 2 menghasilkan nilai 44–52% lebih rendah daripada yang diestimasi menggunakan metode Tier 1. Hasil ini mengindikasikan bahwa estimasi GRK dengan menggunakan Tier 2 lebih menggambarkan kondisi peternakan di Indonesia yang memiliki ternak yang berukuran lebih kecil dibandingkan dengan Tier 1 yang menggunakan faktor acuan untuk ternak dari negara maju yang berukuran tubuh lebih besar.

Secara total, estimasi GRK peternakan dengan menggunakan metode Tier 2 IPCC sebesar 15,0666 Gg CO_2-e/tahun. Estimasi ini terdiri atas 71,65% enterik fermentasi berupa CH_4; 7,10% pengelolaan kotoran berupa CH_4; dan 20,25% pengelolaan kotoran berupa N_2O. Penghitungan emisi GRK dari peternakan dengan menggunakan metode Tier 2 IPCC menunjukkan hasil yang lebih rendah dibandingkan hasil yang diperoleh dari penghitungan dengan menggunakan metode Tier 1 IPCC. Penghitungan dengan metode Tier 2 IPCC, emisi GRK lebih rendah 37,54%; 59,93% dan 42,32% masing-masing untuk emisi CH_4 dari enterik, CH_4 dan N_2O dari pengelolaan kotoran, daripada hasil penghitungan dengan menggunakan metode Tier 1 IPCC. Apabila hasil estimasi emisi GRK peternakan dengan metode Tier 2 ini diterapkan

pada sistem inventori nasional, emisi total dari peternakan sudah dapat memenuhi target penurunan emisi GRK tahun 2020 yang dinyatakan dalam *National Determined Contribution* (NDC) tahun 2016, yang dilaporkan kepada The United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC).

Perbedaan ini disebabkan faktor emisi (FE) yang digunakan dalam penghitungan dengan metode Tier 1 IPCC merupakan faktor acuan dari IPCC untuk wilayah Asia. Sementara itu, penghitungan dengan metode Tier 2 IPCC menggunakan FE yang diperoleh dari hasil penghitungan dari sumber data lokal Indonesia yang didapatkan dari data berupa konsumsi pakan, kualitas pakan, dan bobot badan ternak lokal Indonesia. Oleh karena itu, hasilnya lebih mendekati kondisi yang sebenarnya di Indonesia. Dengan melihat hasil ini, dapat direkomendasikan bahwa metode Tier 2 IPCC lebih tepat digunakan untuk menghitung emisi GRK dari peternakan. Data utama yang diperlukan adalah status produksi ternak, konsumsi pakan, dan bobot badan ternak.

Namun, parameter yang digunakan dalam perhitungan metode Tier 2 ini masih belum sepenuhnya menggunakan nilai spesifik dari Indonesia. Salah satunya adalah nilai faktor konversi energi pakan menjadi metana (Ym). Nilai Ym yang dipakai dalam proses estimasi ini masih menggunakan nilai dari IPCC (2006). Faktor lainnya adalah nilai faktor emisi lokal Indonesia yang digunakan masih menggunakan pengklasifikasian pakan dan sistem pemeliharaan ternak secara intensif. Dalam kenyataan di lapangan, peternakan di Indonesia mempunyai keragaman, yaitu sistem pemeliharaan intensif, ekstensif, dan semi ekstensif. Dalam hal ini, nilai Ym dari ketiga sistem pemeliharaan tersebut akan berbeda.

Oleh karena itu, pengembangan sistem inventori untuk mengestimasi emisi GRK dari peternakan masih perlu dilakukan.

Salah satunya berkaitan dengan parameter faktor konversi (Ym) spesifik lokasi Indonesia untuk semua jenis ternak dan sistem pemeliharaan. Sistem pemeliharan yang berbeda (intensif dan ekstensif) akan menunjukkan perbedaan konsumsi, kecernaan, dan produktivitas ternak yang memengaruhi nilai estimasi emisi GRK di Indonesia. Perbedaan ini sangat dipengaruhi oleh perubahan musim dan zonasi agroklimat.

Salah satu faktor yang digunakan dalam mengestimasi GRK di sektor peternakan adalah struktur populasi ternak. Data struktur populasi yang tersedia di Indonesia saat ini hanya berdasarkan data Ditjen PKH (2011). Pada kenyataannya, struktur populasi ternak bersifat dinamis setiap tahun sehingga memerlukan pendataan struktur populasi ternak secara berkala oleh instansi terkait. Pendataan ini perlu dilakukan untuk setiap provinsi, mengingat potensi dan jenis pakan di setiap provinsi berbeda. Perbedaan ini tentunya dapat berpengaruh langsung pada populasi ternak yang dipelihara (struktur populasi).

DAFTAR PUSTAKA

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). 2006. "Emission from Livestock and Manure Management". Dalam *Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Diedit oleh H. S. Eggleston, K. Miwa, N. Srivastava, dan K. Tanabe. Kanagawa: Institute for Global Environmental Strategies, Intergovernmental Panel on Climate Change.

Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan. 2012. *Statistik Peternakan 2012*. Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan dan Kesehatan Hewan.

Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. 2016. *Nationally Determined Contribution (NDC) Pertama Republik Indonesia*. Jakarta: Kementrian Lingkungan Hidup dan Kehutanan. Diakses pada http://ditjenppi.menlhk.go.id/reddplus/images/resources/ndc/terjemahan_NDC.pdf

GLOSARIUM

Emisi	:	zat, energi, atau komponen lain yang dihasilkan dari suatu kegiatan yang dimasukkan ke dalam udara yang mempunyai atau tidak mempunyai potensi sebagai unsur pencemar.
Gas rumah kaca	:	gas-gas yang ada di atmosfer yang menyebabkan efek rumah kaca.
Faktor emisi	:	nilai representatif yang menghubungkan kuantitas suatu polutan yang dilepaskan ke atmosfer dari suatu kegiatan yang terkait dengan sumber polutan.
Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)	:	suatu panel ilmiah yang terdiri atas para ilmuwan dari seluruh dunia untuk mengevaluasi risiko perubahan iklim akibat aktivitas manusia dengan meneliti semua aspek berdasarkan literatur teknis/ilmiah yang telah dikaji dan dipublikasikan.
Metode Tier 1	:	metode dasar untuk penghitungan emisi gas rumah kaca yang menggunakan faktor acuan emisi yang direkomendasikan oleh IPCC.
Metode Tier 2	:	metode penghitungan emisi gas rumah kaca dengan menggunakan data yang lebih kompleks dan lengkap serta faktor emisi yang dibangun sendiri oleh setiap negara.

Enterik fermentasi	:	proses pencernaan karbohidrat dipecah oleh mikrob rumen ke dalam bentuk yang lebih sederhana untuk diserap ke dalam pembuluh darah ternak, pada proses ini dihasilkan gas metana.
Pengelolaan kotoran ternak	:	penyimpanan, perlakuan, dan penggunaan kotoran ternak, termasuk di dalamnya urine dan feses dengan cara yang ramah lingkungan.
Ruminansia	:	hewan pemakan hijauan yang mempunyai empat perut dalam sistem pencernaannya dan mempunyai perilaku memamah biak.
Non-ruminansia	:	hewan yang hanya memiliki satu lambung atau disebut juga monogastrik.
Pseudoruminan	:	hewan yang mempunyai tiga perut dalam sistem pencernaannya.
Metana	:	hidrokarbon paling sederhana yang berbentuk gas dengan rumus kimia CH_4; gas ini dihasilkan selama proses fermentasi pakan dalam saluran pencernaan ruminansia dan proses pengelolaan kotoran.
Dinitro oksida	:	gas tak berwarna dan tidak mudah terbakar, dengan rasa sedikit aroma dan rasa manis; gas ini dihasilkan selama proses penyimpanan atau penggunaan kotoran ternak.
Rumen	:	perut pertama ternak ruminansia yang menerima makanan dari osephagur dan melakukan pencernaan pakan dengan bantuan bakteria dan kemudian dilanjutkan ke perut kedua, yaitu retikulum.
Faktor acuan	:	faktor emisi gas rumah kaca yang sudah disepakati oleh IPCC dan digunakan untuk menghitung emisi gas rumah kaca dengan menggunakan metode Tier 1.
Inventori data	:	suatu kegiatan untuk mengumpulkan data yang diperlukan untuk menghitung emisi gas rumah kaca.

Subkategori	:	pengelompokan ternak berdasarkan level produksinya, seperti anak, muda, dan dewasa.
Sapih	:	suatu proses memperkenalkan ternak yang sudah dilahirkan dengan sumber pangan dewasanya dan perlahan-lahan menghentikan pemberian air susu induknya.
CO_2 ekuivalen	:	suatu ukuran yang digunakan untuk membandingkan emisi dari berbagai jenis gas rumah kaca berdasarkan potensinya dalam pemanasan global.

INDEKS

Edvin Aldrian

Lahir di Jakarta pada 2 Agustus 1969. Bekerja di Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika sebagai Direktur Pusat Penelitian dan Pengembangan. Menyelesaikan pendidikan Sarjana Departemen Teknik Fisika Universitas McMaster, Kanada (1993), Program Magister Institut Hydrospheric dan Sains Atmosfer (ihas), Nagoya University, Jepang (1998). Program doktor diselesaikan di Max Planck Institut für Meteorologie/Uni. Hamburg, Jerman dengan disertasi berjudul "Simulations of Indonesian Rainfall with a Hierarchy of Climate Models". Pertama bekerja sebagai staf Divisi Teknik Modifikasi Cuaca, BPP Teknologi tahun 1993 yang juga aktif terlibat dalam berbagai misi operasional. Menjadi pengajar di Institusi Pertanian Bogor tahun 2004 dengan tema "Jakarta for Courses: Advance Hydrometeorology, Weather Modification and Climate Change". Tahun 2006 menjadi anggota Tim Pokja Anomali Iklim Departemen Pertanian dengan SK Menteri Pertanian Nomor 402/Kpts/OT.160/6/2006. Selain itu, pernah menjadi anggota berbagai tim dalam bidang Iklim dan Cuaca. Tahun

2014, menjadi Direktur Pusat Penelitian dan Pengembangan BMKG. Menjadi penulis utama IPCC AR V dalam WG I Chapter 14: "Climate Phenomena and Their Relevance for Future Regional Climate Change". Pernah menjadi delegasi dalam sekurang-kurangnya 53 kegiatan selama tahun 2007 hingga 2014. Sejak 2014, ia juga menjabat *Co-Chair* of WMO Comission for Climatology (CCI) *Expert Team in Institutional and Infrastructural Capabilities* (ET-IIC). Di kawasan Asia-Pasific, Edvin menjadi *Co-Vice Chair* WMO Regional Association V Working Group on Climate Service (WMO RA V WG-CLS) untuk 2014–2018.

Suharyono Puspowardoyo

Suharyono Puspowardoyo dilahirkan di Sleman Daerah Istimewa Yogyakarta pada 10 April 1953. Menyelesaikan gelar Master Rural Science (M.Rur. Sci.) di Department of Biochemistry Nutrition Microbiology University of New England Armidale New South Wales Australia. Penulis memulai karier sebagai peneliti pada 1986 di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi (PAIR) Badan Tenaga Atom Nasional (BATAN). Jenjang jabatan peneliti utama di bidang Nutrisi Ruminansia diperoleh pada 2009. Selain sebagai peneliti, Suharyono juga pernah menduduki Kepala Bidang Pertanian PAIR BATAN 2005–2009. Terkait dengan profesi dari jabatan fungsional ini, telah diberi tugas untuk membimbing dan membina peneliti dan non peneliti di lingkungan kantor PAIR juga mengulas beberapa *paper* dari peneliti untuk diterbitkan di prosiding seminar dan majalah nasional dan internasional. Pada akhir 2017 dan awal 2018, ditunjuk oleh tim redaksi dari *Buletin Peternakan* Fakultas Peternakan UGM sebagai pengulas dari 2 artikel ilmiah yang akan diterbitkan di *Buletin Peternakan*. Selain sebagai peneliti utama, juga ditunjuk sebagai Tim Iptekda (1995–2013). Bersama tim sudah banyak melakukan penelitian serta pelatihan terhadap peternak di beberapa

kelompok ternak sapi potong, sapi perah, kambing, dan domba di bidang teknologi pakan ternak. Tahun 2012–2018, melakukan kegiatan integrasi hasil penelitian BATAN antara pakan ternak, yaitu suplemen pakan (UMMB, SPM, dan SPMTM), kosentrat (KonPlus), pakan komplit, dan silase sinambung dengan pupuk kascing dan padi varietas unggul "Si Denuk". Sekarang sedang melakukan pendampingan pada peternak penggemukan sapi untuk melakukan kegiatan integrasi dan produksi pakan konsentrat berbasis lokal.

Budi Haryanto

Budi Haryanto adalah peneliti utama dalam bidang penelitian Pakan Ternak dan Ruminansia di Balai Penelitian Ternak (Balitnak), Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Kegiatan penelitian yang telah dilakukan oleh yang bersangkutan, antara lain mengembangkan sistem integrasi antara tanaman padi dan ternak sapi untuk meningkatkan kelestarian kesuburan lahan serta meningkatkan produktivitas ternak; mengembangkan produk probiotik untuk meningkatkan nilai nutrisi limbah pertanian; mengembangkan produk bahan pakan sumber protein *by-pass* rumen. Sebagai peneliti, Budi Haryanto telah berhasil membuat publikasi ilmiah dalam seminar nasional maupun internasional, jurnal maupun bagian dari buku lebih dari 100 buah, baik dalam bahasa Indonesia maupun bahasa Inggris.

Budi Haryanto mengawali pendidikan tingginya dengan menyelesaikan Strata 1 Peternakan Fakultas Peternakan Universitas Diponegoro, Semarang pada 1976. Pada tahun 1981, melanjutkan studi pascasarjana dalam bidang nutrisi ruminansia di North Carolina State University, Raleigh, NC, USA. Pada 1983, mendapatkan gelar Master of

Science (M.Sc.). Mendapatkan gelar Doctor of Phylosophy (Ph.D.) dalam bidang *animal science* pada 1988 dari universitas yang sama. Budi juga sering mengikuti berbagai seminar internasional di Amerika Serikat, Kanada, Finlandia, Taiwan, Jepang, Malaysia, Filipina, dan Indonesia. Budi juga aktif dalam kegiatan penelitian dan pengembangan integrasi antara ternak dan kehutanan maupun pertanian tanaman pangan dalam suatu sistem pertanian terpadu melalui pemanfaatan limbah pertanian sebagai pakan ternak dan limbah ternak sebagai pupuk organik maupun gas bio. Pemanfaatan lahan kehutanan sebagai kawasan produksi hijauan tanaman pakan untuk memenuhi kebutuhan pakan ternak sapi di sekitar hutan. Jenjang jabatan Ahli Peneliti Utama diperoleh pada tahun 2001 dan dikukuhkan sebagai Profesor Riset Bidang Pakan dan Nutrisi Ruminansia pada 2009 dengan judul orasi "Inovasi Teknologi Pakan Ternak dalam Sistem Integrasi Tanaman-Ternak Bebas Limbah (SITT-BL) Mendukung Upaya Peningkatan Produksi Daging". Penghargaan yang pernah diperoleh Budi adalah Piagam Penghargaan Menteri Pertanian Republik Indonesia sebagai peneliti berprestasi pada 2001; Anugerah Tanda Kehormatan Satyalancana Wira Karya dari Presiden Republik Indonesia pada 2002. Budi Haryanto saat ini telah menjalani masa purnabakti (pensiun) sejak 1 Juli 2016.

R. A. Yeni Widiawati

Penulis lahir di Bandung pada 3 Juni 1968. Penulis menyelesaikan program sarjana di bidang peternakan pada 1993 dari Univeritas Padjadjaran Bandung. Bekerja di Balai Penelitian Ternak sejak 1993 sampai sekarang sebagai peneliti di bidang Nutrisi Ruminansia. Penulis menyelesaikan program Master dan Doktor di bidang Nutrisi dan Fisiologi Ternak Ruminansia di James Cook University Townsville Australia pada 1998–2003, dengan disertasi berjudul "Utilisation of shrub legumes *Leucaena leucocepala*, *Gliricidia sepium* and *Calliandra callothyrsus* as feed for Ruminant animals". Sejak 2017, terlibat sebagai tim penyusunan *Refinement Book* IPCC 2019, yang diorganisasi oleh IPCC, juga menjadi anggota Tim Perubahan Iklim Kementerian Pertanian untuk bidang peternakan. Aktif menjadi delegasi Indonesia di Livestock Research Group (LRG) dan Global Research Alliance. Bekerja sama dengan AgResearch New Zealand untuk memperbaiki dan membangun sistem inventori nasional subsektor peternakan.

Bess Tiesnamurti

Bess Tiesnamurti dilahirkan di Daerah Istimewa Yogyakarta pada 24 Mei 1957. Gelar Master of Science (M.Sc.) diraih pada 1988 dari Department of Animal Science, University of California, Davis, Amerika Serikat, kemudian menyelesaikan Doktor di bidang Pemuliaan Ternak pada 2001 dari Institut Pertanian Bogor. Penulis memulai karier peneliti sejak 1983 di Balai Penelitian Ternak, Ciawi sebagai pemulia ternak ruminansia kecil. Jenjang jabatan peneliti utama di bidang pemuliaan ternak diperoleh pada 2016. Selain sebagai peneliti, Bess Tiesnamurti pernah menduduki jabatan Kepala Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan (2010–2016) dan pernah pula berperan sebagai Kepala Bidang Program dan Evaluasi, Puslitbang Peternakan (2007–2010). Terkait profesi jabatan fungsional, yang bersangkutan melakukan pembimbingan dan pembinaan peneliti dan non-peneliti di lingkungan dan di luar kantor Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan. Selain itu, juga mengulas karya tulis ilmiah peneliti untuk diterbitkan di prosiding seminar nasional, internasional maupun jurnal nasional lain. Tidak hanya itu, Bess Tiesnamurti aktif berperan dalam proses negosiasi bidang pertanian dalam pertemuan COP 22/2016, COP23/2017, SBSTA48/2018 terkait perubahan iklim, *Council Meeting* dalam *Global Research Alliance on Climate Change (2017–2018), expert meeting* tentang penanganan perubahan iklim ektor pertanian di FAO (2017–2018) maupun Kelompok Kerja Perubahan Iklim Kementerian Pertanian (2017–2018).

Cecep Hidayat

Cecep Hidayat dilahirkan di Tasikmalaya pada 15 Maret 1983 Menyelesaikan gelar sarjana peternakan (S.Pt.) dari Jurusan Ilmu Nutrisi dan Makanan Ternak Fakultas Peternakan Universitas Padjadjaran pada 2006. Pada 2008, memulai karier sebagai calon peneliti di Balai Penelitian Ternak dengan penempatan di bidang Penelitian Nutrisi Ternak Unggas. Pada 2012–2015, mendapat kesempatan untuk melanjutkan studi S2 di Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan pada Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor dengan menggunakan dana dari DIPA Badan Litbang Pertanian. Setelah aktif kembali, Cecep Hidayat bekerja di Balai Penelitian Ternak dan pada 2015 terlibat sebagai Tim Peneliti Metana Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan dengan tugas meneliti jumlah emisi gas rumah kaca yang dihasilkan dari kotoran ternak. Pada 2017, penulis kembali mendapat kesempatan melanjutkan studi S3 pada Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan di Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor dengan menggunakan dana dari DIPA Badan Litbang Pertanian. Selama bekerja di Balai Penelitian Ternak, penulis aktif sebagai tim peneliti yang melakukan penelitian nutrisi pada komoditas ternak ayam lokal dengan topik penelitian selama ini lebih pada penentuan kebutuhan gizi ternak ayam lokal galur unggul hasil pemuliaan Badan Litbang Pertanian. Hasil-hasil penelitian yang melibatkan penulis sudah diterbitkan pada jurnal ilmiah nasional, prosiding seminar nasional dan internasional. Penulis juga aktif menulis tulisan populer bidang peternakan yang sudah dimuat dalam majalah dan tabloid peternakan.

Imas Sri Nurhayati

Penulis lahir di Garut pada 1 Januari 1978. Penulis menyelesaikan program sarjana di bidang Kedokteran Hewan pada 2000 dari Institut Pertanian Bogor, dan lulus sebagai Dokter Hewan pada 2002. Bekerja di Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan sejak 2002 sampai sekarang sebagai peneliti di bidang Kebijakan Pertanian. Penulis menyelesaikan program Master di bidang Kesehatan Masyarakat di Institut Pertanian Bogor pada 2010–2014, dengan tesis berjudul "Kajian Pengendalian Mastitis Subklinis melalui Pemberian Antibiotik pada saat Kering Kandang di KPSBU Lembang Jawa Barat". Sejak 2016, terlibat sebagai anggota tim program aksi adaptasi dan mitigasi gas rumah kaca pada ternak di Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan dan pada 2018 sebagai anggota tim kegiatan kerja sama dengan AgResearch New Zealand untuk memperbaiki dan membangun sistem inventori nasional subsektor peternakan.

Teguh Wahyono

Penulis merupakan anak sulung dari dua bersaudara, dilahirkan di Yogyakarta pada 22 Januari 1986 dari ayah Dedrek Sutarjo dan ibu Daliyah. Lulus S1 sebagai lulusan terbaik pada jurusan Produksi Ternak Fakultas Peternakan Universitas Gajah Mada (Fapet UGM) tahun 2007. Lulus S2 pada Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan Sekolah Pascasarjana Institut Pertanian Bogor (PS INP IPB) tahun 2015. Penulis bekerja sebagai Peneliti di Pusat Aplikasi Isotop dan Radiasi BATAN sejak 2009 dan ditempatkan di Jakarta Selatan. Jabatan penulis adalah Peneliti Pertama (2011–2013) dan Peneliti Muda (2016–sekarang). Bidang penelitian yang menjadi tanggung jawab penulis adalah Nutrisi Ternak Ruminansia. Penelitian

yang dilakukan adalah studi nutrisi pakan ternak menggunakan teknologi nuklir, baik dengan radiasi maupun radioisotop.

Penulis juga aktif menjadi dosen lapangan untuk mahasiswa yang sedang menempuh tugas akhir. Mahasiswa bimbingan penulis di antaranya berasal dari Univesitas Islam Negeri Syarif Hidayatullah, Universitas Al Azhar Indonesia, Universitas Negeri Sebelas Maret, dan Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim. Aktif menulis artikel di berbagai jurnal ilmiah maupun majalah semipopuler khusus ilmu nuklir dan terapan (*Nutech*). Penulis pernah menerima penghargaan sebagai pemenang Atom Indonesia Best Paper Awards (AIBPA) pada 2015. Penulis juga aktif menjadi narasumber pada berbagai pelatihan di berbagai daerah. Saat ini, penulis sedang melanjutkan pendidikan S3 di Program Studi INP IPB.

Rantan Krisnan

Lahir di Ciamis 7 Mei 1979. Pendidikan SD hingga SMA diselesaikan di kota kelahirannya, sedangkan pendidikan sarjana ditempuh di Program Studi Ilmu Produksi Ternak, Fakultas Peternakan, Universitas Padjadjaran Bandung dan lulus pada 2002. Melalui beasiswa Badan Litbang Pertanian, dia mendapatkan kesempatan untuk melanjutkan studi program magister (2006–2008) dan program doktor (2017–sekarang) di Program Pascasarjana, Fakultas Peternakan, Institut Pertanian Bogor. Pengalaman kerjanya dimulai tahun 2003 sebagai tenaga detasering BPTP Jawa Barat pada kegiatan sistem integrasi padi-ternak, sedangkan kariernya sebagai peneliti diawali dengan menjadi staf peneliti bidang Nutrisi dan Pakan Ternak di Loka Penelitian Kambing Potong Sei Putih tahun 2004–2013. Kemudian, tahun 2013 sampai saat ini, tercatat sebagai peneliti muda di Balai Penelitian Ternak (Balitnak) Ciawi Bogor. Telah banyak penelitian dilakukannya sesuai dengan bidang kepakarannya. Sebagian besar penelitiannya terfokus pada pemanfaatan potensi pakan

lokal yang berbasis limbah pertanian, perkebunan, dan hortikultura maupun limbah agro-industri yang terkait di dalamnya. Saat ini, yang bersangkutan aktif dalam penelitian *feed additive* dan *feed suplement*, baik untuk ruminansia maupun non ruminansia. Tidak kurang 40 makalah ilmiah pernah ditulisnya dalam jurnal maupun prosiding, baik sebagai penulis tunggal/utama maupun *co-author*.

Muhamad Nasir Rofiq

M. Nasir Rofiq dilahirkan di Jakarta pada 15 Januari 1974. Menyelesaikan gelar Doktor bidang ilmu Ternak (Dr.) di Departemen Ilmu Ternak Institut Ilmu Sains, Cukurova University, Kota Adana, Turki. Penulis memulai karier sebagai Peneliti pertama pada 2003 di Direktorat Teknologi Budidaya Pertanian Deputi Bidang teknologi Agroindustri dan Bioteknologi, Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT). Jenjang jabatan peneliti madya saat ini di bidang Pakan dan Nutrisi Ternak diperoleh pada 2013. Selain sebagai peneliti, Nasir juga menduduki Kepala Bagian Program dan Anggaran (Kabag. ProA) Pusat Teknologi Produksi Pertanian (PTPP) Deputi Bidang TAB, BPPT dari 2016 sampai sekarang. Terkait dengan profesi dari jabatan fungsional ini telah diberi tugas sebagai Kepala *Project* dan *Chief Enginer* (CE) untuk kegiatan-kegiatan bidang ilmu ternak di BPPT, baik yang bersumber dari anggran DIPA maupun dari beberapa anggaran Iptekda atau Sinas Ristekdikti. Kegiatan peningkatan kapasitas keilmuan secara informal melalui pelatihandan pemagangan juga sudah dilakukan di beberapa lembaga atau perguruan tinggi internasional, yaitu di UMR-SAS, INRA Prancis dan University of Queensland Australia. Beberapa publikasi penulis terutama fokus pada bidang nutrisi ternak ruminansia dan pengaruh emisi gas rumah kaca dari ternak ruminansia terhadap produktivitasnya. Penulis juga aktif mengikuti seminar internasional yang berhubungan dengan profesi di bidang ilmu ternak, yaitu seminar

ISTAP-UGM, ISAI-IPB, Asian Australasian Animal Production (AAAP) di Jepang, European Association Animal Production (EAAP) di Slovakia, dan Emission of Gas and Dust from Livestock (EMILI) di Prancis. Pembinaan karier pada peneliti muda dan pertama di lingkungan Pusat Teknologi Produksi Pertanian (PTPP), TAB-BPPT juga dilakukan melalui kegiatan memimpin penelitian-penelitian di bidang nutrisi ternak ruminansia dan emisi gas rumah kaca dari peternakan yang ada di BPPT.

Muhammad Ikhsan Shiddieqy

Penulis lahir di Bandung pada 17 Februari 1985. Penulis menyelesaikan program sarjana di bidang peternakan Jurusan Produksi Ternak Fakultas Peternakan UNPAD. Saat ini, penulis sedang menyelesaikan studi Master of Animal Sciences di Wageningen University And Research, Belanda dengan tesis yang berjudul "Analysis of N_2O Losses from Different Manure Applications for Cultivation of Elephant Grass (*Pennisetum purpureum cv*. Taiwan)". Bekerja di Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan sejak 2014 sampai sekarang sebagai Staf Subbidang Evaluasi Puslitbangnak. Tahun 2016, penulis terlibat sebagai tim penyusunan buku *Daya Dukung Produk Samping Tanaman Pangan sebagai Pakan Ternak Ruminansia di Daerah Sentra Ternak Berdasarkan Faktor Konversi*. Tahun 2016, penulis terlibat dalam tim penyusunan buku *Emisi Gas Rumah Kaca dari Peternakan di Indonesia dengan Metode Tier 2 IPCC* dan *Kalender Tanam*.

Bayu Arta Ramadhan

Penulis lahir di Jombang pada 28 Maret 1991. Penulis menyelesaikan program sarjana di bidang peternakan tahun 2014 dari Univeritas Brawijaya Malang dengan skripsi berjudul "Kualitas Semen Beku Kambing Boer dengan Tinggi Ekuilibrasi yang Berbeda Menggunakan 0,4 *glutathion* dalam Pengencer". Bekerja di Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan sejak 2014 sampai sekarang sebagai Staf Pendayagunaan Diseminasi Hasil Penelitian (PDHP) Puslitbangnak. Tahun 2016, penulis terlibat sebagai tim penyusunan buku *Daya Dukung Produk Samping Tanaman Pangan sebagai Pakan Ternak Ruminansia di Daerah Sentra Ternak Berdasarkan Faktor Konversi*. Tahun 2016, penulis terlibat dalam tim penyusunan buku *Emisi Gas Rumah Kaca dari Peternakan di Indonesia dengan Metode Tier 2 IPCC*. Tahun 2017 sampai sekarang, penulis terlibat dalam kegiatan Upaya Khusus Sapi Indukan Wajib Bunting (Upsus Siwab) Puslitbangnak dalam mewujudkan Indonesia yang mandiri dalam pemenuhan pangan asal hewan, dan sekaligus meningkatkan kesejahteraan peternak rakyat.

Noor Hudhia Krishna

Lahir di Yogyakarta pada 10 Maret 1976. Bekerja sebagai peneliti di Loka Penelitian Sapi Potong, Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian sejak 2003. Sarjana peternakan diperoleh dari Fakultas Peternakan, Universitas Gadjah Mada Yogyakarta dan magister ditempuh di Program Studi Ilmu Nutrisi dan Pakan, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Setelah lulus sarjana, pernah

bergabung pada perusahaan multinasional bidang peternakan terbesar di Indonesia beberapa tahun. Selama menjadi peneliti di Loka Penelitian Sapi Potong, tergabung dalam kelompok peneliti Bidang Pakan dan Nutrisi Ternak, aktif menulis karya tulis ilmiah, menjadi penanggung jawab kegiatan penelitian serta penanggung jawab laboratorium lingkup Loka Penelitian Sapi Potong. Beberapa kali mengikuti *training* dan *workshop,* baik di dalam negeri maupun luar negeri, di antaranya adalah 1) Workshop and Training Improvement of Researchers Competence and Knowledge on Calculation Greenhouse Gas Emissions from Livestock Using Alu Tool to Support Emissions Reduction Target by 2020, 2) Livestock and Climate Change: Measurement and Understanding of Greenhouse Gas Emissions from Agriculture, 3) Technical Training course of Measurement of Enteric Methane Emissions in Ruminants by SF6 for GRA Member in Asia.

Yenny Nur Anggraeny

Lahir di Malang pada 18 April 1974. Bekerja sebagai peneliti di Loka Penelitian Sapi Potong, Pusat Penelitian dan Pengembangan Peternakan, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian sejak 2001. Sarjana Peternakan, Magister Pertanian (MP), dan Doktor Ilmu Ternak diperoleh di Fakultas Peternakan, Universitas Brawijaya Malang. Setelah lulus dari program magister pertanian, bekerja sebagai peneliti di Loka Penelitian Sapi Potong tergabung dalam kelompok peneliti Bidang Pakan dan Nutrisi Ternak, aktif menulis karya tulis ilmiah, menjadi penanggung jawab kegiatan penelitian serta pernah menjadi koordinator program penelitian pada 2007 hingga 2010, menjadi penanggung jawab bagian pelayanan teknis pada 2010 hingga 2016 dan menjadi ketua kelompok peneliti nutrisi

dan pakan ternak lingkup Loka Penelitian Sapi Potong. Beberapa kali mengikuti *training* dan *workshop*, baik di dalam negeri maupun luar negeri, di antaranya adalah 1) Regional Workshop on Development and Improvement of Country Specific Emission factor for Methane from Enteric Fermentation, 2) Improving GHG Inventories from Livestock in South and Southeast Asia, 3) Quality assurance/quality control for GHG inventories from livestock in South and Southeast Asia, 4) Workshop and Training Improvement of Researchers Competence and Knowledge on Calculation Greenhouse Gas Emissions from Livestock Using Alu Tool to Support Emissions Reduction Target by 2020.

Simon P. Ginting

Simon P. Ginting lahir di Kabanjahe, Sumatra Utara pada 1955. Menyelesaikan pendidikan sarjana dari Fakultas Peternakan Universitas Gajah Mada, Yogyakarta. Mendapat gelar M.Sc. dalam bidang *Ruminant Nutrition* dari University of Missouri, Columnia, USA pada 1991 dan gelar Ph.D. dalam bidang *Animal Nutrition* dari North Carolina State University, Raleihg, USA pada 1996. Sebagai peneliti dalam bidang pakan dan nutrisi ternak di Balai Penelitian Ternak, Bogor pada tahun 1982–1985 dan di Subbalai Penelitian Ternak, Sungai Putih Sumatra Utara 1985–1996. Peneliti di Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatra Utara tahun 1996–1990. Kepala Loka Penelitian Kambing Potong Sungai Putih tahun 1991–2011 dan peneliti nutrisi dan pakan ternak sampai sekarang.

Iif Syarifah Munawaroh

Lahir di Bogor, 18 Oktober 1976. Penulis menyelesaikan program sarjana kedokteran hewan tahun 1998 dan dilanjutkan program dokter hewan dan lulus tahun 2000 dari Fakultas Kedokteran Hewan, Institut Pertanian Bogor. Bekerja di Inspektorat Jenderal Kementerian Pertanian sejak 2009. Pada 2013, berpindah tugas ke Pusat penelitian dan Pengembangan Peternakan. Pada 2014 hingga sekarang, menjabat sebagai Kepala Subbidang Evaluasi. Tahun 2015 dan 2017, menjadi penanggung jawab kegiatan pengembangan adaptasi mitigasi Puslitbangnak. Penulis juga terlibat dalam berbagai kegiatan pengembangan lainnya serta telah menulis berbagai karya ilmiah, baik sebagai penulis utama maupun *co-author*.

EMISI GAS RUMAH KACA DARI PETERNAKAN DI INDONESIA DENGAN TIER 2 IPCC

Ancaman perubahan iklim semakin nyata; suhu bumi terus mengalami peningkatan. Salah satu penyebab utama terjadinya fenomena tersebut adalah karena konsentrasi gas rumah kaca (GRK) yang semakin meningkat akibat aktivitas manusia sehingga panas yang terperangkap semakin tinggi. Salah satu aktivitas manusia yang berkontribusi pada peningkatan GRK adalah sektor peternakan. GRK dihasilkan dari emisi sistem pencernaan dan pengelolaan kotoran ternak.

Untuk mengembangkan teknologi yang tepat dalam memitigasi permasalahan GRK tersebut, diperlukan data akurat terkait jumlah emisi yang dihasilkan. Oleh karena itu, Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) telah menciptakan tingkatan metode untuk mengestimasi besaran emisi GRK yang dihasilkan sektor peternakan, mulai dari metode Tier 1 hingga Tier 3. Negara-negara berkembang, termasuk Indonesia, sudah menggunakan metode Tier 1 IPCC. Bunga rampai ini akan memfokuskan pada upaya-upaya yang telah dan dapat dilakukan untuk meningkatkan metode yang kita gunakan ke Tier 2. Harapannya agar data emisi GRK yang dihasilkan sektor peternakan secara nasional menjadi lebih akurat.

Buku ini tidak diperjualbelikan.

Diterbitkan oleh:
LIPI Press, anggota Ikapi
Gedung PDDI LIPI, Lantai 6
Jln. Jend. Gatot Subroto 10, Jakarta 12710
Telp. (+62 21) 573 3465
E-mail: press@mail.lipi.go.id
Website: lipipress.lipi.go.id